

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra robototechniky

**Návrh stanoviště pro automatické doplňování vodíku do
zásobníků osobních aut**

***Design of Standpoint for Hydrogen Automatic Fueling into The
Personal Motor Cars Reservoirs***

Student:

Bc. Michal Poštulka

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Milan Mihola, Ph.D.

Ostrava 2013

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Michal Poštulka**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T013 Robotika
Téma: **Návrh stanoviště pro automatické doplňování vodíku do zásobníků osobních aut**
Design of Standpoint for Hydrogen Automatic Fueling into The Personal Motor Cars Reservoirs

Zásady pro vypracování:

1. Proved'te analýzu současného stavu řešené problematiky.
2. Na základě této analýzy navrhnete možné varianty řešení a proved'te jejich srovnání.
3. Vybranou variantu detailně rozpracujte.
4. Práci doplňte podrobnou technickou a výpočtovou dokumentací. Výkresovou dokumentací vypracujte dle pokynů vedoucího práce.
5. Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu MS WORD a konstrukční řešení v CAD systému (dle pokynů vyučujícího).

Seznam doporučené odborné literatury:

1. Talácko, J.-Matička, R. Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů. ČVUT, Praha, 1995. 236 s. ISBN 80-01-01291-3
2. Kármik, L., Knoflíček, R., Marcinčin, J. N. Mobilní roboty. Opava: MÁRFY SLEZSKO, 2000. 210 s. ISBN 80-902746-2-5.
3. Schraft, R.F., Volz, H. Serviceroboter. Springer – Verlag, Berlin, 1996.
4. Kármik, L. Robotizace v nestrojirenských oborech. VŠB-TUO, Ostrava, 2000, 66 s. ISBN 80-7078-739-2.
5. ČSN 01 6910 Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
6. ČSN ISO 690 Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Milan Mihola, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



prof. Dr. Ing. Petr Novák
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 20. 5. 2013

.....

Bc. Michal Poštulka

Prohlašuji, že

- jsem celou diplomovou práci, včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.
- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 20. 5. 2013

.....

Bc. Michal Poštulka

Por. Hoši 31

747 11, Kozmice

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce panu Ing. Milanu Miholovi, Ph.D. za odborné vedení práce a rady, také děkuji všem ostatním vyučujícím katedry robototechniky za vstřícnost a ochotu poskytovat cenné rady a připomínky.

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Poštulka, M. *Návrh stanoviště pro automatické doplňování vodíku do zásobníků osobních aut: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robototechniky, 2013, 85 s.

Vedoucí práce: Mihola, M.

Diplomová práce se zabývá konstrukčním návrhem a realizací stanoviště pro automatické doplňování vodíku do zásobníku osobních aut. Úvod práce je zaměřen na popis a vlastnosti vodíku, vodíkové čerpací stanice, automatické tankování automobilů a také jsou zde zmíněny parametry tankovacích komponentů pro vodík. Práce je rozdělena na dvě části. První část pojednává o návrhu celkové koncepce automatické stanice, ve druhé části je řešen efektor. U obou částí návrhu jsou vypracovány jednotlivé varianty řešení a výsledné optimální varianty, které byly vybrány díky hodnotové analýze. Dále obsahuje 3D model optimálních variant, výrobní dokumentaci a výpočty potřebné k návrhu efektoru.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

Poštulka, M. *Design of Standpoint for Hydrogen Automatic Fueling into The Personal Motor Cars Reservoirs : Diploma Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of robotic, 2013, 85 s.

Thesis head: Mihola, M.

This diploma thesis deals with Design of Standpoint for Hydrogen Automatic Fueling into The Personal Motor Cars Reservoirs. The introduction of this thesis is focused on description and properties of hydrogen, hydrogen fueling station, automatic refueling of cars and as well are mentioned parameters for hydrogen fueling components. The thesis is divided into two parts. The first part deals with the total design concept of automatic stations, the second part solved effector. Both parts of the design are individually developed alternative solutions and the resulting optimal variants that were selected using value analysis. The work also includes a 3D model of optimal variants, production documentation and calculations needed to design effector.

Obsah

1	Úvod	11
2	Analýza problematiky	12
2.1	Vodík.....	12
2.2	Skladování vodíku.....	15
2.3	Vodíkový pohon.....	17
2.4	Vodíková čerpací stanice na území ČR	18
2.5	Automatizované plnění paliva.....	20
2.6	Tankovací prvky.....	22
3	Požadavkový list	26
4	Navržené varianty čerpací stanice	28
4.1	Varianta stanice 1	28
4.2	Varianta stanice 2	29
5	Hodnotová analýza výběru stanice	31
5.1	Kritéria rozhodování	31
5.2	Zhodnocení kritérií.....	32
5.3	Váha významnosti jednotlivých kritérií	32
5.4	Výpočet vážených indexů I_{ij} jednotlivých variant.....	33
5.5	Součet vážených indexů a stanovení pořadí variant	33
6	Rozpracování optimální varianty	34
7	Návrh řešení rozpoznávacího, bezpečnostního a řídicího systému	35
7.1	Rozpoznávací systém	35
7.2	Bezpečnostní a řídicí systém stanice.....	40
8	Výchozí informace pro návrh efektoru	41
8.1	Výchozí prvky.....	41
8.2	Popis provozu a prostředí.....	43
9	Varianty efektoru	44
9.1	Varianta A	44

9.2	Varianta B	45
10	Hodnotová analýza výběru efektoru.....	47
10.1	Kritéria rozhodování	47
10.2	Zhodnocení kritérií.....	48
10.3	Váha významnosti jednotlivých kritérií	49
10.4	Výpočet vážených indexů I_{ij} jednotlivých variant	49
10.5	Součet vážených indexů a stanovení pořadí variant	50
11	Řešení optimální varianty efektoru	50
11.1	Volba chapadel a přísavky	51
11.2	Sestavení pneumatického obvodu a výběr prvků.....	53
11.3	Volba senzorických částí.....	57
11.4	Konstrukce rámu a usazení prvků	58
11.5	Kompletní efektor (pohledy).....	65
11.6	Parametry efektoru	66
12	Výběr robotu	67
13	Návrh ochranného boxu robotu	68
14	Průběh tankování	69
15	Možné příčiny závad	72
15.1	Poškození prvků cizími osobami	72
15.2	Výpadek tlaku	72
16	Technická zpráva a výpočty	73
16.1	Volba úhlového chapadla	73
16.2	Spotřeba vzduchu	76
16.3	Pevnostní analýza.....	78
17	Cenový přehled	80
18	Závěr.....	81
19	Seznam použité literatury a zdrojů.....	83
20	Přílohy	85

Seznam použitých značek

Značka	Význam	Jednotka
F_A	Axiální síla	[N]
F_t	Tahová síla	[N]
M_c	Celková hmotnost	[kg]
M_h	Hmotnost hadice	[kg]
M_p	Hmotnost pistole	[kg]
Q_t	Teoretická spotřeba vzduchu	[l]
Q_c	Reálná spotřeba vzduchu	[m ³]
T_o	Teplota obvodu	[K]
T_v	Teplota vzdušníku	[K]
V_o	Odebraný objem	[m ³]
V_v	Objem vzdušníku	[m ³]
V_{v1}	Objem vzdušníku při p_v	[m ³]
V_{v2}	Objem vzdušníku po odběru Δp	[m ³]
k_t	Součinitel tuhosti hadice	[-]
n	Počet pracovních cyklů	[-]
p_o	Tlak obvodu	[MPa]
p_v	Maximální tlak ve vzdušniku	[MPa]
t_o	Teplota obvodu	[°C]
t_v	Teplota vzdušníku	[°C]
Δp	Dovolený pokles tlaku ve vzdušniku	[MPa]
η_c	Účinnost obvodu	[-]

1 Úvod

Trendem několika posledních let je nahrazovat tradiční spalovací benzínové či dieslové motory, pohony které jsou šetrnější z hlediska emisí k životnímu prostředí a ekonomicky výhodnější z hlediska spotřeby pro uživatele.

Mezi tyto stále častější pohony řadíme elektromobily, hybridy, což jsou automobily kombinující elektrický pohon a klasický spalovací motor, auta na plyn, ať už CNG (stlačený zemní plyn) nebo LPG (zkapalněný ropný plyn), nebo také použití biopaliva. Pozadu nezůstává ani využití vodíku jako pohonu. Vodíkový pohon je označován jako nejčistější, protože při spalování vychází z výfuku jen pára, tankování je přibližně rychlé jako tankování benzínu, dalším kladem je velice tichý chod pohonu. Díky těmto důvodům je vodík označován jako palivo budoucnosti.

Tématem této diplomové práce je „Návrh stanoviště pro automatické doplňování vodíku do zásobníků osobních aut“. Hlavní myšlenkou bylo vytvořit takovou čerpací stanici, která lidem v tomto případě řidičům usnadní práci a hlavně zamezí tomu, aby uživatelé vdechovali nebezpečné plynné páry vznikající při tankování.

První část práce je zaměřena na celkovou koncepci tankovací stanice. Popis provozu, bezpečnosti, chodu a vybrání všech potřebných prvků, kterých je potřeba pro zajištění automatického chodu. Jedná se o poměrně rozsáhlé téma a proto tato část práce je řešena pouze zjednodušeně.

Druhá část práce se zabývá návrhem efektoru, umístěném na robotu, který při tankování nahrazuje „lidskou ruku“, díky němu dojde k otevření dvířek nádrže, odejmutí krytky, uchopení tankovací pistole a následnému tankování. Hlavními prvky efektoru jsou jednoduše vyměnitelná chapadla poháněné pneumatickou energií, mezi další prvky patří čidlo tlaku pro kontrolu pneumatického obvodu a kamerový systém s dálkoměrem k zjištění přesné polohy nádrže na automobilu.

2 Analýza problematiky

2.1 Vodík

- Vodík je z 98% nejčastější prvek ve vesmíru, tvoří převážnou část hmoty ve vesmíru.
- Je nejjednodušší ze všech prvků, bezbarvý, bez zápachu a chuti, 14 krát lehčí než vzduch. Při teplotě $-252,9^{\circ}\text{C}$ zkapalní.
- V přírodě se nikdy nevyskytuje izolovaně, ale pouze ve sloučeninách s jinými prvky. Nejčastější sloučeniny jsou ty s uhlíkem ve formě zemního plynu a s kyslíkem ve formě vody. Aby bylo možné vodík využít, je třeba jej izolovat.
- Značná část vyráběného vodíku (48%) pochází v současné době z úpravy zemního plynu. Pouze 4% vodíku se dneska získávají z čisté elektrolýzy, při které je voda za přívodu elektrické energie rozložena na své elementární součásti, vodík a kyslík.
- Kolem 95% ze současnosti vyráběného vodíku je ihned využíváno ve spotřebitelském průmyslu. Celosvětově se vyráběné množství vodíku v současnosti pohybuje ročně kolem 45 milionů tun. [8]

Přehled základních dat			
Mezinárodní symbol		H ₂	
Molekulová hmotnost M		2,01594	
Molární objem		22,43 Nm ³ /kmol	
Normalizovaná hustota (0° C; 1,013 bar)		0,08987 kg/m ³	
Kapalný vodík (LHY)		70,79 kg/m ³	
Relativní hustota (air=1)		0,06950	
Trojný bod		- 259,19° C	
Bod varu		- 252,76° C	
Kritická teplota		- 239,90° C	
Kritický tlak		12,97 bar	
Výhřevnost H _u		3,00 kWh/Nm ³	10,8 MJ/Nm ³
		2,359 kWh/l LHY	8,495 MJ/l LHY
Teplota plamene	s O ₂	cca 2.800° C	
	se vzduchem	cca 2.000° C	
Limit vznícení	s O ₂	4,5 až 95 obj. %	
	se vzduchem	4,1 až 75 obj. %	

Obr. 1 - Přehled základních dat [8]

Fyzikální vlastnosti

- Vodík je nejlehčí plyn a díky velikosti svých molekul bez obtíží proniká kovy jako železo, platina nebo paladium. Bez problémů uniká porézními dělicími stěnami, což z něj však i přes jeho nízkou hmotnost např. činí problematickým plnivem do balonů.
- Má schopnost podstatně vyšší vodivosti tepla než vzduch. Lehké molekuly vodíku se pohybují výrazně rychleji než těžké molekuly dusíku a kyslíku.
- Rozpustnost vodíku ve vodě je jen nepatrná, poněkud lepší pak v alkoholu. Mimořádně velkou schopnost rozpustit vodík mají naproti tomu mnohé kovy. Houbovitý kov paladium je schopen přijmout vodík až do 850 násobku svého vlastního objemu. [8]

Chemické reakce

- Vodík je značně reaktivní při zahřátí, především s kyslíkem se slučuje velmi bouřlivě, i když pro spuštění této reakce je nutná inicializace např. jiskra, která zapálí kyslíko-vodíkový plamen.
- Kromě kyslíku se slučuje s celou řadou dalších prvků, s nekovových je to chlor, síra, dusík, uhlík a těkavé sloučeniny HCl, H₂S, NH₃ a CH₄. Kovy jako sodík, vápník, lantan a thorium tvoří solné sloučeniny (hybridy) NaH, CaH₂, LaH₃ a ThH₄. S dusíkem vytváří čpavek neboli amoniak, na němž se zakládá anorganický velkopřmysl.
- Významné je také ukládání vodíku v nenasycených sloučeninách uhlíku, nazývané hydrogenace. Nejdůležitějšími postupy jsou zde hydrogenace uhlí, ropy a táru na benzín, hydrogenace oxidu uhelnatého na alkoholy nebo uhlovodíky a hydrogenace olejovitých tuků na pevné tuky. [8]

Využití vodíku

- V chemickém průmyslu je výborným redukčním činidlem, slouží k sycení násobných vazeb organických molekul, např. při ztužování rostlinných olejů.
- Redukčních vlastností plynného vodíku se někdy využívá v metalurgii k získávání kovů z jejich rud (wolfram, molybden), ovšem pouze tehdy pokud nelze využít běžnější redukční činidla (koks, dřevěné uhlí).

- Jako zdroj energie představuje pravděpodobně budoucnost energetiky i dopravy. Automobilové motory na bázi spalování plynného vodíku jsou v současné době předmětem intenzivního výzkumu předních světových výrobců.
- Pro výhodný poměr chemická energie/hmotnost je vodík používán jako raketové palivo.
- Zdokonalení a zlevnění palivového článku postupně umožňuje jeho širší nasazení. V tomto energetickém zařízení dochází k přímé přeměně energie chemické reakce vodíku s kyslíkem na elektrickou energii. Jako palivo se přitom používá plynného vodíku, kyslík je u některých článků dodáván z atmosféry jako při normálním hoření.
- Perspektivně jsou izotopy vodíku pokládány za hlavní energetický zdroj při využití termonukleární reakce, kdy lze slučováním lehkých atomových jader dosáhnout významného energetického zisku. Jaderná fúze však zůstává ve stádiu experimentálních prototypů a jejich zavedení do praxe lze očekávat v horizontu několika desítek let.
- Hoření vodíku s kyslíkem vyvíjí teploty přes 3000°C, toho se běžně využívá při svařování nebo řezání kyslíko-vodíkovým plamenem.
- Slouží jako chladivo alternátorů v elektrárnách.
- Mimořádné nízké hustoty plynného vodíku se využívalo v počátcích letectví k plnění vzducholodí a balónů.
- Experimentálně se využívá jako fyziologicky inertní dýchací plyn ve směsích pro extrémní hloubkové potápění díky nízké hustotě a absenci HPNS (nervový syndrom vysokého tlaku). Kvůli vysoké reaktivitě vodíku s kyslíkem jsou při potápění používány směsi s maximálním obsahem kyslíku 4%. Z tohoto důvodu je směs bezpečně dýchatelná teprve od hloubky 30 m. [9]

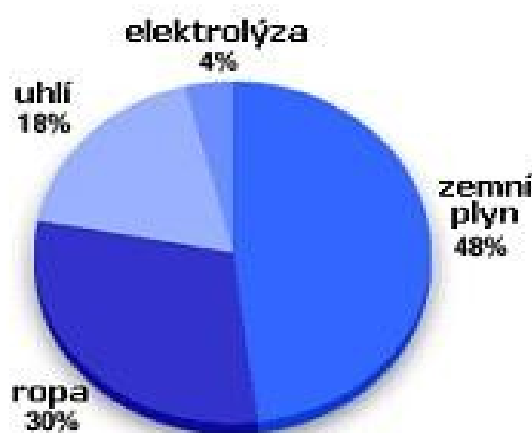
Výroba vodíku

Vodík může být vyráběn mnoha způsoby z širokého spektra vstupních zdrojů. V celosvětové produkci dominuje v současné době výroba z fosilních paliv. Využívání takto vyrobeného vodíku může pomoci lokálně snížit produkci některých zdraví poškozujících látek, globálně by to však vedlo pouze k méně hospodárnému využívání primární energie, a tím souvisejícímu nárůstu produkce oxidu uhličitého.

Další možností je výroba vodíku z obnovitelných zdrojů. Z nich se vodík získává pomocí elektrolýzy vody, vysokoteplotního rozkladu vody anebo zplyňováním či pyrolýzou biomasy.

Pro výrobu vodíku přímo z vody se jeví vhodné také některé vyvíjené jaderné reaktory čtvrté generace. Vysoká teplota chladiwa na výstupu z reaktoru je postačující pro některé perspektivní chemické cykly i vysokoteplotní elektrolýzu.

Hlavním motorem rozvoje vodíkového hospodářství je nalezení alternativy k využívání fosilních paliv a to především v dopravním sektoru. Výroba vodíku pro tyto účely z fosilních paliv by proto byla z výše uvedených důvodů neobhájitelná. [10]



Obr. 2 - Výroba vodíku [10]

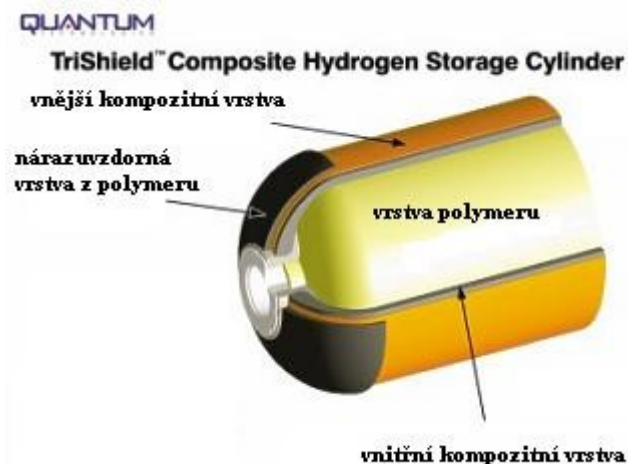
2.2 Skladování vodíku

V plynné fázi

Pro statické aplikace se obvykle používá ocelových bezešvých láhví z nízkouhlíkaté nebo legované oceli. Vyrábějí se v objemech od několika litrů až do přibližně 50 l pro běžné aplikace.

V mobilních aplikacích se obvykle používá kompozitních tlakových nádob. Vyrábějí se v objemech od desítek litrů až přibližně do 300 l. Typickým provozním tlakem je 350 bar, v nejnovějších aplikacích potom 450 až 700 bar (současný technologický limit je 1000 bar). V mnoha aplikacích je válcový tvar mírně deformován v závislosti na potřebách zástavby do úložného prostoru vozidla. Vnitřní povrch kompozitních láhví tvoří obvykle

tenká vrstva kovu, případně speciálního polymeru, která zabraňuje úniku plynu přes strukturu kompozitu. [11]



Obr. 3 – Průřez kompozitní láhvi [12]



Obr. 4 – Velkokapacitní zásobník [11]

V kapalně fázi

Běžně využívaná fosilní paliva je možné skladovat v kapalném stavu za běžných teplot a při relativně nízkých tlacích, oproti tomu kapalný vodík je skladován při teplotě $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$, s tím souvisejí zvýšené nároky na použité materiály a vysoké energetické nároky na zkapalnění.

Pro uskladnění se používají vícevrstvé nádoby s velmi dobrými izolačními vlastnostmi s maximálním přetlakem 5 barů. Tyto nádoby musejí být vybaveny přetlakovým

mechanismem, kterým je regulován maximální přípustný přetlak. Při skladování vodíku v kryogenních nádobách dochází vlivem přestupu tepla z okolí k postupnému odpařování a tedy zvyšování tlaku uvnitř této nádoby. Aby nedošlo k destrukci nádrže, musí být přebytečný tlak regulován odpouštěním odpařeného vodíku. Pro běžně používané nádrže dosahují ztráty až 3 % z obsahu na den. V některých aplikacích je takto unikající vodík jímán a stlačován do přídavných tlakových lahví. [11]

Alternativní způsoby skladování

Vedle tradičních způsobů však existuje také velké množství nových, alternativních způsobů skladování. Všechny systémy v této kategorii jsou převážně ve výzkumné a vývojové fázi, jejich realizace jsou nekomerční, demonstrační. Mezi nejzajímavější z nich patří skladování v hydridech, uhlíkatých strukturách, a také chemických sloučeninách obsahujících vodík. [11]

2.3 Vodíkový pohon

Existují dva základní druhy vodíkového pohonu, první funguje jako klasický spalovací motor, jen místo benzínu je živěn vodíkem. Druhý používá palivové články, které v reakci s kyslíkem vytváří přes akumulátory energii pro elektromotor, ten pak pohání automobil. V dnešní době je ovšem nejrozšířenější třetí možnost-hybridní motor. Ten funguje tak, že při běžné jízdě pracuje spalovací motor a např. na křižovatkách nebo při pomalé jízdě ho střídá elektromotor. Naopak při vysoké rychlosti se jeho baterie dobíjí.

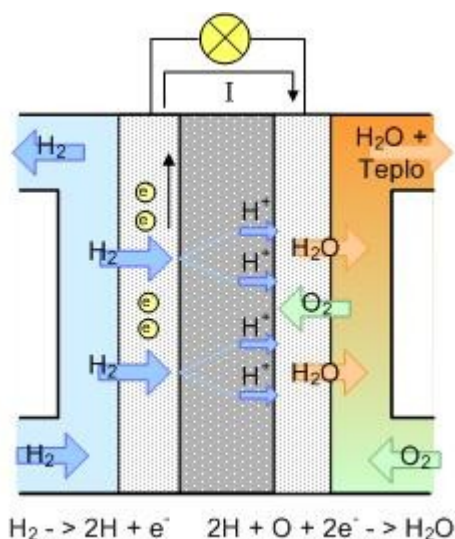
Palivové články

V laboratorních podmínkách dosahují až 60% účinnosti při výrobě elektrické energie. Reálná účinnost se však pohybuje pouze mezi 35 až 50%.

V současné době je vyvíjeno pět typů palivových článků lišících se především chemickým složením elektrolytu, provozními teplotami a možným palivem. Nízkoteplotní palivové články spalují s kyslíkem (většinou ze vzduchu) vodík nebo metanol, vysokoteplotní články mohou spalovat i některá konvenční uhlovodíková paliva. Jednotlivé typy článků vzhledem k rozdílným provozním parametrům nacházejí uplatnění ve velmi odlišných aplikacích. Nízkoteplotní palivové články jsou dominantně využívány v mobilních aplikacích k výrobě elektrické energie, vysokoteplotní články naopak převládají v kombinované výrobě tepla a elektrické energie v aplikacích stacionárních. [10]

Popis principu funkce palivového článku

Princip palivového článku lze nejnázorněji objasnit na palivovém článku s polymerní membránou (Obr. 5). Tento článek se skládá ze dvou elektrod, na jejichž povrchu se nachází slabá vrstva uhlíku obsahující malé množství platiny, která zde slouží jako katalyzátor. Elektrody jsou od sebe odděleny tenkou polymerní membránou, která propouští kladně nabité ionty - protony (u katexové membrány). Vodík je přiváděn na anodu, kde na vrstvě katalyzátoru dochází k jeho disociaci na kladné ionty (protony) a elektrony. Protony procházejí skrze polymerní vrstvu, elektrony jsou nuceny procházet externím okruhem a mohou tedy konat užitečnou práci. Na katodě pak sloučením dvou kladně nabitých vodíkových iontů (protonů), dvou elektronů a atomu kyslíku vzniká voda (vzhledem k provozní teplotě palivového článku obvykle v podobě páry). Na stranu katody je přiváděn čistý kyslík nebo častěji kyslík jako součást vzduchu. [10]



Obr. 5 – Princip palivového článku [10]

2.4 Vodíková čerpací stanice na území ČR

Dne 5. 11. 2009 proběhlo zahájení provozu čerpací vodíkové stanice v areálu Veolia Transport, která byla postavena v rámci realizace projektu TriHyBus. Návrh koncepce a realizace čerpací stanice byl plně v kompetenci společnosti Linde Gas.

Popis stanice

Vodík pro čerpací stanici je uskladněn jako stlačený plyn při tlaku 45 bar. Z tohoto zásobníku je vodík odebírán kompresní stanicí, stlačován na tlak 300 bar (30 MPa) a uskládňován ve svazcích tlakových láhví.

Maximální plnicí tlak je zde 350 bar (35 MPa). Měření množství odebraného vodíkového paliva je zajištěno hmotnostním průtokoměrem. Maximální rychlost plnění je asi 4 kg/min. Při plnění prázdné nádrže vozidla je tlak regulován na 250 bar (25 MPa), aby nedošlo k překročení maximálního průtoku při velkém tlakovém rozdílu. Tankování autobusu trvá cca 10 min., tankování osobního automobilu trvá cca 2 min.



Obr. 6 – Pohled na výdejní stojan [10]

Srdcem celé čerpací stanice je kompresorová stanice, která se skládá ze dvou částí. V první části se nachází zařízení pro stlačování vodíku a potrubní rozvody, ve druhé pak elektroinstalace a hydraulika. Kompresorová stanice je zejména z bezpečnostních důvodů umístěna v samostatně stojícím betonovém kontejneru, který je chráněn proti výbuchu. Vodík je zde stlačován na tlak 300 bar (30 MPa) ve dvou stupních. Oba stupně kompresoru jsou hydraulicky poháněny a jejich plášť chlazen olejem, takže se komprese blíží izotermickému ději. Vodík je ukládán ve dvou sekcích svazků tlakových lahví při tlaku 300 bar a třetí vysokotlaké sekci při tlaku 450 bar.

Před tankováním se nejprve změří počáteční tlak v nádrži vozidla a vzhledem k okolní teplotě a ohřátí plynu se dopočte požadovaný koncový tlak. Plnění začíná postupně z obou zásobních sekcí, zbytek plnění se odehrává v režimu „boosteru“ kdy kompresor nasává plyn z vysokotlaké sekce při minimálním tlaku 150 bar. Proces plnění je automaticky ukončen při dosažení požadované hodnoty koncového tlaku. Celková specifická spotřeba energie při plnicím tlaku 350 bar je asi 0,125 kWh/Nm³. [10]

Parametry kompresní stanice

Rozměry:	5 x 2,6 x 2,9 m
Typ uskladnění:	stlačený vodík ve vysokotlakých nádobách (300 bar)
Objem nádrží:	4 x 600 l
Maximální plnicí tlak:	450 bar
Inherentní přístup k bezpečnosti	

Parametry čerpacího stojanu

Rozměry:	1,6 x 0,7 x 3,1 m
Plnicí kapacita:	1-3 KgH ₂ /min

2.5 Automatizované plnění paliva

TankPitstop robot

Plně automatizovaný robot holandských konstruktérů, který plní palivo do vozidel, zatímco jsou cestující ve vozidle.



Obr. 7 – TankPitstop robot [13]

Automobil je opatřen štítkem, umístěným na vnitřní straně předního skla. Ve štítku se nachází čip RFID, ten má v sobě informace o autě. Při průjezdu senzorem jsou díky čipu načteny informace a robot pak získá informace např. o tom, jaký úhel trysky musí mít při plnění paliva, jaké palivo a kolik ho má použít.



Obr. 8– Otevření dvířek nádrže [13]

O celkovém průběhu tankování (od příjezdu k samotnému tankování až k odjezdu ze stanice) informuje řidiče obrazovka, díky které se taktéž dozví, co má v danou chvíli dělat, např. kdy je možné stanici opustit.



Obr. 9 – Obrazovka TankPitstop [13]

Automobily, které nemají automatické otvírání dvířek nádrže, ale pouze manuální, robot otvírá silikonovou přísavkou, nehrozí tudíž poničení karosérie.

Robot se skládá jednoduše řečeno ze třech „rukou“. První ruka, jak bylo zmíněno, zajišťuje otevření dvířek nádrže, druhá vyšroubuje uzávěr a třetí je určena pro uchycení tankovací pistole. [13]



Obr.10- Uchycení trysky a tankování [8]



Obr.11- Uchopení krytky [8]

Popis robotu

- Robot testován při nepříznivých povětrnostních podmínkách
- Možné tankovat benzín a naftu, tankování plyných paliv jako CNG a vodík k dispozici v budoucnosti
- Nemožnost tankovat starší automobily, u kterých se nádrž otvírá pomocí klíčku
- Robot navržen s přísnými bezpečnostními pravidly a splňuje potřebné normy
- Cena: 75 000 eur

2.6 Tankovací prvky

Vodíkové trysky

V nynější době nalezneme na trhu několik druhů vodíkových tankovacích trysek. Hlavním parametrem jejich rozdělení, je typ vozidel, pro něž budou čerpací stanice určeny, a to osobní automobily nebo autobusy spolu s nákladními automobily. Mezi další parametry patří způsob ovládaní, upevnění, a také velikost plnicího tlaku.

Vodíková tryska TK17 H2 70MPa

- Tryska vyvinuta pro plnění osobních automobilů stlačeným vodíkem
- Čelisti v trysce jsou navrženy tak, aby nedovolili připojení na vozidlo poháněné zemním plynem nebo jiným alternativním palivem
- Vyrobená z materiálů odolných proti korozi a speciálně určených pro vodíkový provoz [14]

Ovládání a upevnění

- Obsluha pomocí jedné ruky (pravá/levá)
- Lepší manipulace díky otočnému kloubu (o 250°)
- Aretace trysky na ventilu pomocí ručního gripu



Obr. 12– Tryska TK17 H2 70MPa [14]

Technické parametry

Jmenovitá světlost:	4 mm
Rozsah tlaku:	350 – 675 bar
Teplotní rozsah:	-40°C do +85°
Hmotnost:	1,75 kg



Obr. 13– Rozměry trysky TK17 H2 70MPa [14]

Vodíkové tryska TK 16 H2

- Stejně vlastnosti jako TK17 H2 70MPa

Ovládání a upevnění

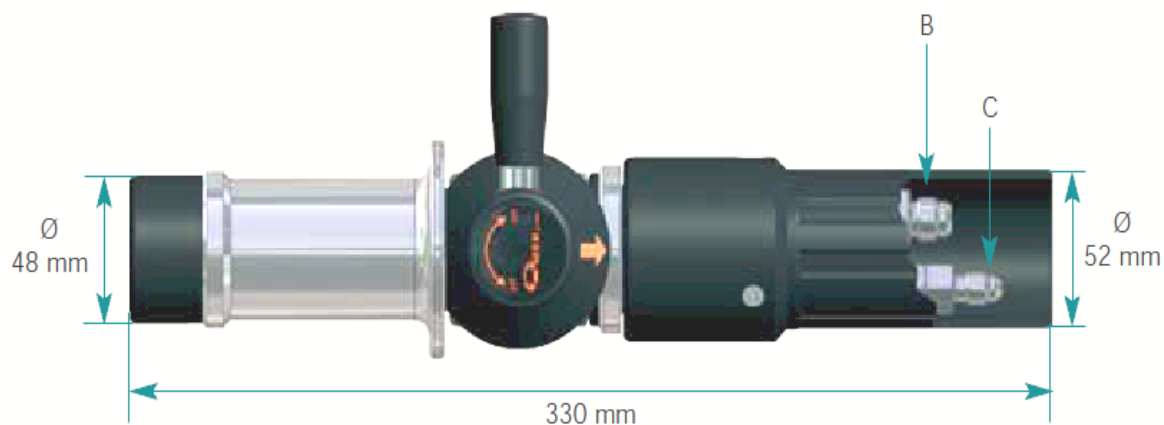
- Obsluha pomocí jedné ruky (pravá/levá)
- Jednodušší manipulace díky otočnému kloubu (o 240°)
- Aretace trysky na ventilu pomocí ovládací páky



Obr. 14–Tryska TK16 H2 [14]

Technické parametry

Rozsah tlaku:	350 – 675 bar
Teplotní rozsah:	-40°C do +85°
Hmotnost:	1,75 kg



Obr. 15–Rozměry trysky TK16 H2 [14]

Plnicí a odvzdušňovací hadice

- Vysokotlaké hadice, určené pro vodíkové médium
- Nízká hmotnost
- Standardní délky 3m, 4m, taktéž možnost nenormované délky na zakázku [14]



Obr. 16–Plnicí a odvzdušňovací hadice [14]

3 Požadavkový list

Všeobecné požadavky pro vodíkovou stanici

- Proces tankování plně automatizovaný = zákazník neopouští vozidlo a o celém průběhu tankování je plně informován
- Vytvoření bezpečnostního/úschovného prostoru pro obsluhujícího robota s automatickým plněním funkce
- Stavební provedení musí umožňovat bezpečně provézt všechny operace plnění tankovacích nádrží a pohybu vozidel
- Dodržení bezpečnostních zón (minimální vzdálenost mezi zařízením a potenciálním zdrojem nebezpečí)
- Veškeré komponenty musí být navrženy, vyrobeny a testovány podle platných předpisů pro tlaková zařízení
- Elektrická zařízení musí být certifikována pro použití v prostředí s možností výbuchu a musí být splněny požadavky platných právních předpisů a norem pro elektrická zařízení
- Tlakové láhve plynného vodíku, musí být chráněny před přímým sluncem, aby nedocházelo k ohřevu plynného média, a tím ke zvýšení tlaku v tlakové nádobě
- Stanice musí být vybavena varovnými, signalizačními, měřicími a detekčními zařízeními, konstrukční provedení musí zajišťovat automatickou funkci těchto komponentů v případě selhání nebo poruchy zařízení
- Výdejní stanice vodíku musí být vybavena zabezpečovacím zařízením, které okamžitě uzavře přívod plynného vodíku v případě, že řidič z nedbalosti odjede od výdejní stanice s tankovací hadicí zasunutou v nádrži vozidla a dojde k jejímu poškození
- Stanice musí být navržena tak, aby splňovala veškeré protipožární opatření
- Informační systém musí být navržen tak, aby zákazníka plně informoval o celkovém průběhu, a taktéž aby ho varoval před potenciálním nebezpečím při tankování

Požadavky na obsluhujícího robota

- Splňující certifikáty a normy pro zařízení určeného do nebezpečného prostředí (prostředí s nebezpečím výbuchu)

Požadavky na efektor

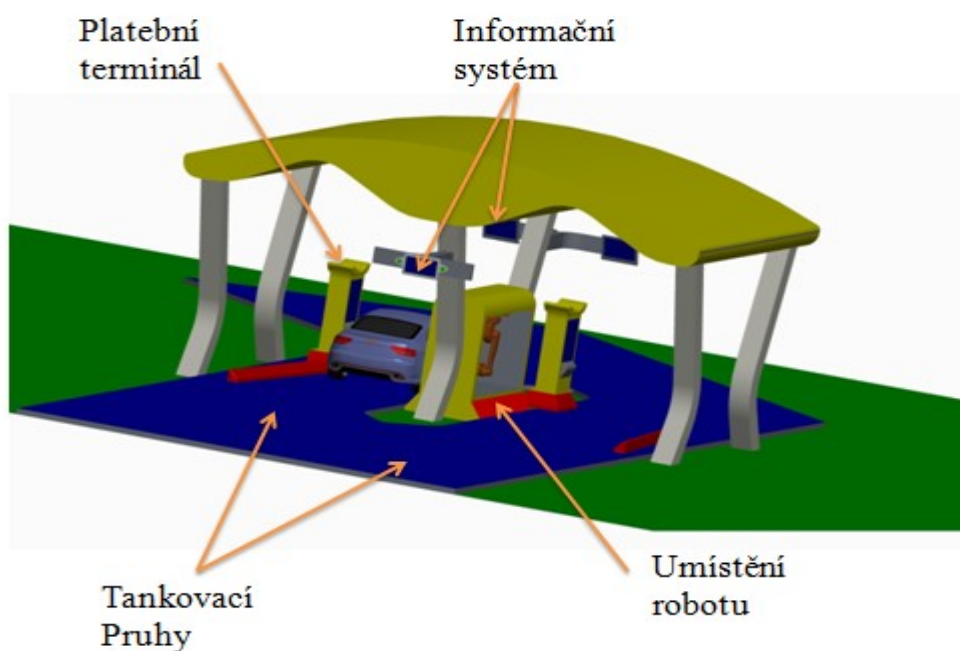
- Efektor navržen tak, aby umožnil otevření dvířek a vyjmutí víčka nádrže dostupných vodíkových automobilů, a zároveň aby nedošlo k poškození vozidla
- Veškeré komponenty musí splňovat certifikáty a normy určené do nebezpečného prostředí
- Jednoduchá vyměnitelnost a nahraditelnost manipulačních prvků
- Možnost použití jak vodíkové tak CNG pistole

4 Navržené varianty čerpací stanice

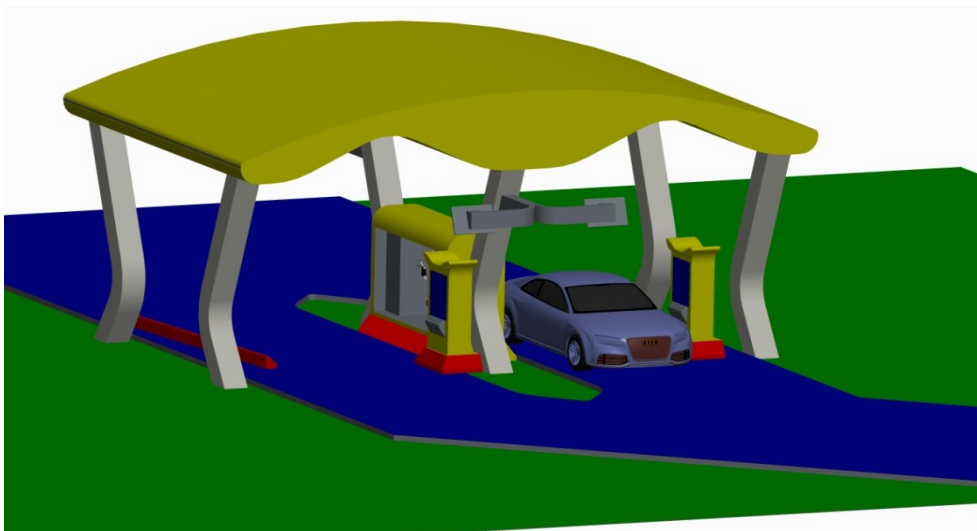
Hlavním problémem při návrhu koncepce vodíkové čerpací stanice je umístění nádrže vozidla, které může být na jeho pravé či levé straně, a jeho řešení dává variantám jednoznačnou odlišnost.

4.1 Varianta stanice 1

Vodíková čerpací stanice je určena, jak pro osobní automobily, tak pro „dodávky“ do maximální výšky 3,5 m. Skládá se ze dvou tankovacích pruhů, které zaručují tankování jak z pravé tak i z levé strany vozidla. Každý tankovací pruh obsahuje platební terminál a informační systém. Umístění robotu s ochranným boxem se nachází mezi těmito pruhu. V ochranném boxu se nachází jak robot, tak i výdejní stojan. Stavební provedení je taktéž navrženo tak, aby splňovalo potřebné bezpečnostní normy, a to hlavně střešní část, kde hrozí riziko shromažďování vodíkových par.



Obr. 17–Varianta 1-příjezdová strana



Obr. 18–Varianta 1-pohled výjezd

Výhody

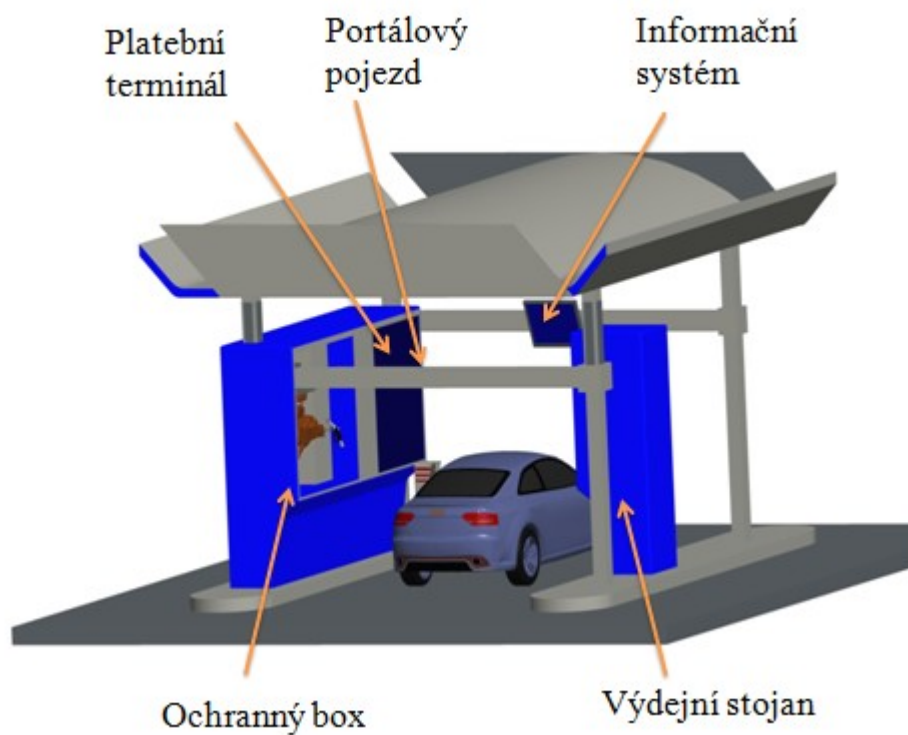
- Jednoduchá konstrukce
- Nízká náročnost na údržbu
- Možnost vjezdu dodávkám
- Vyšší bezpečnost
- Rychlejší provoz

Nevýhody

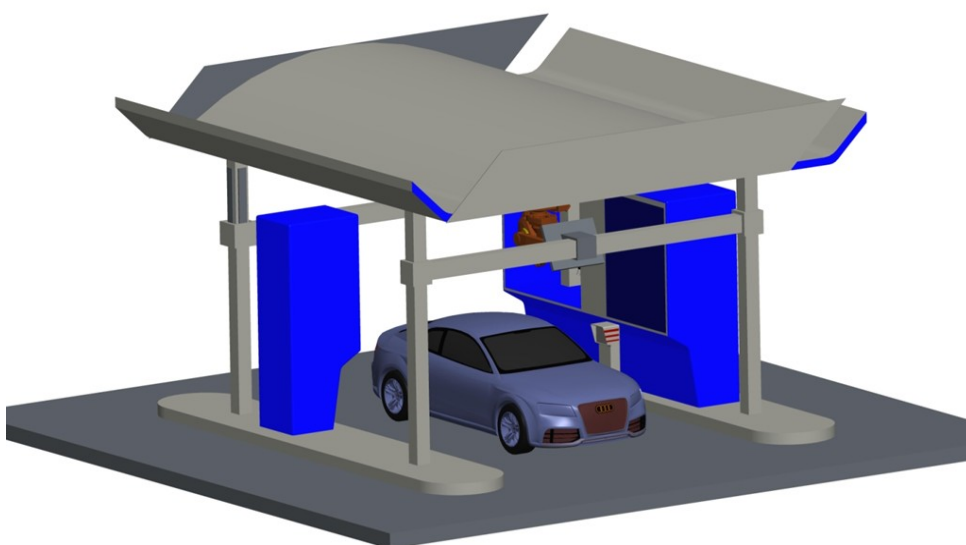
- Vetší zástavbové rozměry
- Požadavky na řešení příjezdu vozidel a jejich rozdělení podle typu

4.2 Varianta stanice 2

Řešení stanice varianty 2 je založeno na jednom tankovacím pruhu, ovšem oproti variantě 1 je stanice vybavena portálovým pojezdem, na kterém je umístěn robot a je tudíž možné obsluhovat tankování vozidla z obou stran. Při použití portálového pojezdu mohou stanici využívat pouze osobní automobily do max. výšky 2 m. Platební terminál je použit pouze jeden, ovšem výdejní stojany jsou použity dva, první se nachází v ochranném boxu, kde je umístěn taktéž robot, druhý, se nachází na protější straně.



Obr. 19–Varianta 2-pohled příjezd



Obr. 20–Varianta 2-pohled výjezd

Výhody

- Malé zástavbové rozměry
- Lepší přehlednost – odpadá řešení rozdělení vozidel při vjezdu

Nevýhody

- Zákaz vjezdu dodávkám
- Nižší bezpečnost
- Pomalejší provoz – robot musí před dalším automobilem zvonu do boxu
- Vyšší náročnost na údržbu

5 Hodnotová analýza výběru stanice

5.1 Kritéria rozhodování

V tabulce Tab. 1. je seznam vybraných kritérií a jejich popis, na základě kterých jsou navrhované varianty posuzovány a hodnoceny. Tyto kritéria budou hodnocena bodovou stupnicí v tabulce Tab. 2. o rozsahu od 1 do 6. Čím je počet bodů vyšší, tím je kritérium pro danou variantu příznivější a naopak.

Označení kritéria	kritéria	Charakteristika kritéria
K1	zástavbové rozměry	půdorysné rozměry stanice
K2	složitost konstrukce	celková složitost stanice
K3	cena	Cena komponentů určených k automatizaci (komponenty a bezpečnostní prvky potřebné k automatizaci stanice)
K4	rychlost	doba, za kterou je možno natankovat další auto
K5	náročnost na údržbu	možnost poruchy, pravidelnost údržby

Tab. 1. – Popis kritérií a jejich charakteristika

Vysoká úroveň	6b.
Dobrá úroveň	5b.
Průměrná úroveň	4b.
Nízká úroveň	3b.
Nevyhovující úroveň	2b.
Nepříznivý stav	1b.

Tab. 2. – Bodová stupnice

5.2 Zhodnocení kritérií

V tabulce Tab. 3. je bodové vyhodnocení na základě zvolených kritérií pro jednotlivé varianty.

Kritérium	Varianta 1	Varianta 2
K1 – zástavbové rozměry	4	5
K2 – složitost konstrukce	5	5
K3 – cena	4	4
K4 – rychlost	5	4
K5 – náročnost na údržbu	5	4

Tab. 3. – Zhodnocení kritérií

5.3 Váha významnosti jednotlivých kritérií

Porovnané páry kritérií				Počet voleb v	pořadí	Váha významnosti q
K1 K2	K1 K3	K1 K4	K1 K5	0,5	5	1,125
	K2 K3	K2 K4	K2 K5	3	2	1,75
		K3 K4	K3 K5	1,5	3,4	1,375
			K4 K5	1,5	3,4	1,375
				3,5	1	1,875

Tab. 4. – Váha významnosti jednotlivých variant

Pro váhu významnosti q byla zvolená lineární závislost: $q = 0,25 * v + 1$

v – počet voleb

5.4 Výpočet vážených indexů l_{ij} jednotlivých variant

Kritérium	Varianta 1		
	Hodnota	Váha významnosti kritéria q	Vážený index kritéria l_{ij}
K1	4	1,125	4,5
K2	5	1,75	8,75
K3	4	1,375	5,5
K4	5	1,375	6,875
K5	5	1,875	9,375
Celkový součet vážených indexů l_{ij} varianty 1:			35

Tab. 5. – Výpočet vážených indexů varianty 1

Kritérium	Varianta 2		
	Hodnota	Váha významnosti kritéria q	Vážený index kritéria l_{ij}
K1	5	1,125	5,625
K2	5	1,75	8,75
K3	4	1,375	5,5
K4	4	1,375	5,5
K5	4	1,875	7,5
Celkový součet vážených indexů l_{ij} varianty 2:			32,875

Tab. 6. – Výpočet vážených indexů varianty 2

5.5 Součet vážených indexů a stanovení pořadí variant

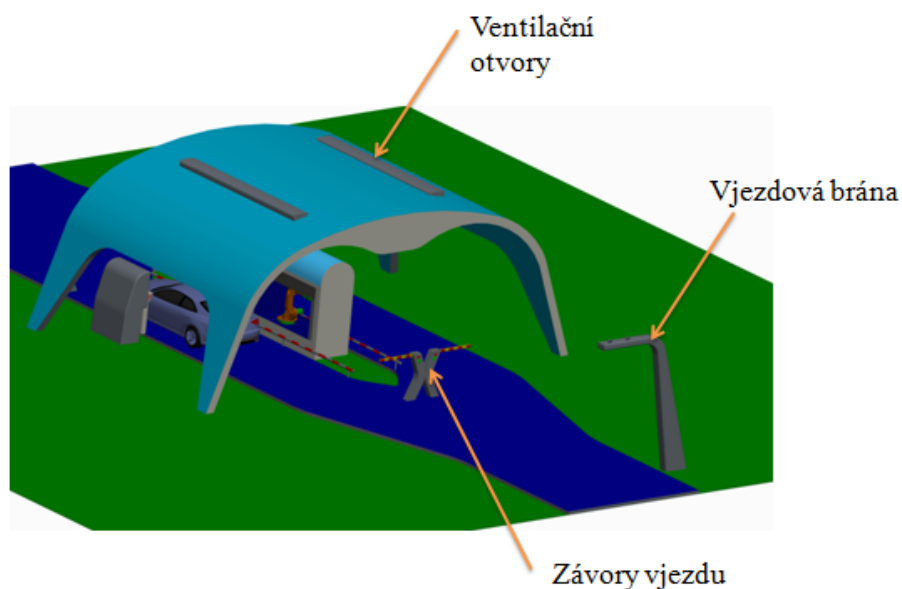
Pořadí	Celkový součet vážených indexů l_{ij}	Varianta
1	35	1
2	32,875	2

Tab. 7. – Výsledky hodnotové analýzy

Díky provedení hodnotové analýzy a zvážení dalších kritérií byla vybrána optimální varianta stanice 1.

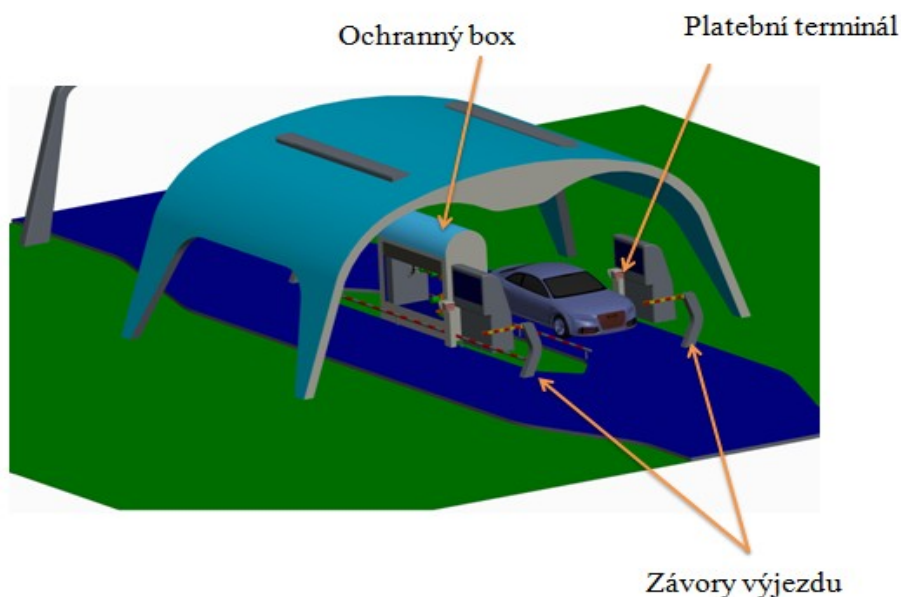
6 Rozpracování optimální varianty

Optimální varianta vznikla úpravou varianty 1, stanovené pomocí hodnotové analýzy. Úpravy nastaly v celkově novém stavebním návrhu. Stanice byla dovybavena o další komponenty, a to vstupní vjezdovou bránu a bezpečnostní závory. Vstupní vjezdová brána je koncipována jako tzv. „vrátnice“ na kterou bude umístěn rozpoznávací systém (viz. kap. 7.1).



Obr. 21–Optimální varianta-pohled vjezd

Bezpečnostní závory jsou umístěné jak na vjezdu, z důvodu správného navedení vozidla do určitého tankovacího pruhu, tak na výjezdu, kdy dávají jasný signál řidiči o jasném opuštění stanice.



Obr. 22–Optimální varianta-pohled výjezd

Ve střešní části stanice obloukového rázu jsou umístěné ventilační otvory, které zamezují nebezpečnému hromadění plynných par, a taktéž je odvádějí dále nad střechu stanice, kde dochází k jejich rozplynutí.



Obr. 23–Optimální varianta-detail střechy

Ochranný box, ve kterém je umístěn robot s tankovacím stojanem v této části návrhu není detailněji řešen. Jeho podrobnější řešení nastává až po celkovém návrhu robotu s efektozem.

7 Návrh řešení rozpoznávacího, bezpečnostního a řídicího systému

Čerpací stanice musí být vybavena systémy, které nám zajistí:

- Rozpoznání a správné navedení automobilu do příslušného výdejního pruhu (závislost na umístění otvoru nádrže)
- Usměrnění a zpřehlednění dopravy na stanici (příjezd a výjezd automobilů)
- Rozpoznání umístění otvoru nádrže, a tak správné navedení robotu
- Celková kontrola bezpečnosti, ochrany a chodu čerpací stanice (monitorování prostoru, monitorování stavu stanice – řešení případné poruchy, protipožární opatření)

7.1 Rozpoznávací systém

Cílem rozpoznávacího systému je navrhnout možné řešení, které zjistí typ vozidla a navede ho do prostoru určeného k tankování.

Varianta rozpoznávacího systému - podle SPZ

Varianta funguje na bázi kamerového systému rozpoznávající automobil podle SPZ, které jsou uloženy v určité „databázi automobilů“. Tato databáze vznikne tak, že zákazník před prvním použitím stanice vyplíše formulář, a to na příslušné pobočce, která se stará o chod čerpací stanice. Databáze automobilů obsahuje informace o technické stavu vozidla (typ vozidla, rozměry, umístění nádrže, pod jakým úhlem je plnicí ventil v nádrži, atd.)

Tato varianta byla vypracována na základě podkladů už funkčních systémů a to: Vjezdový systém EntryCON a systém firmy EFG. Tyto systémy se používají na principu tzv. „bezobslužných vrátnic“.[15,16]

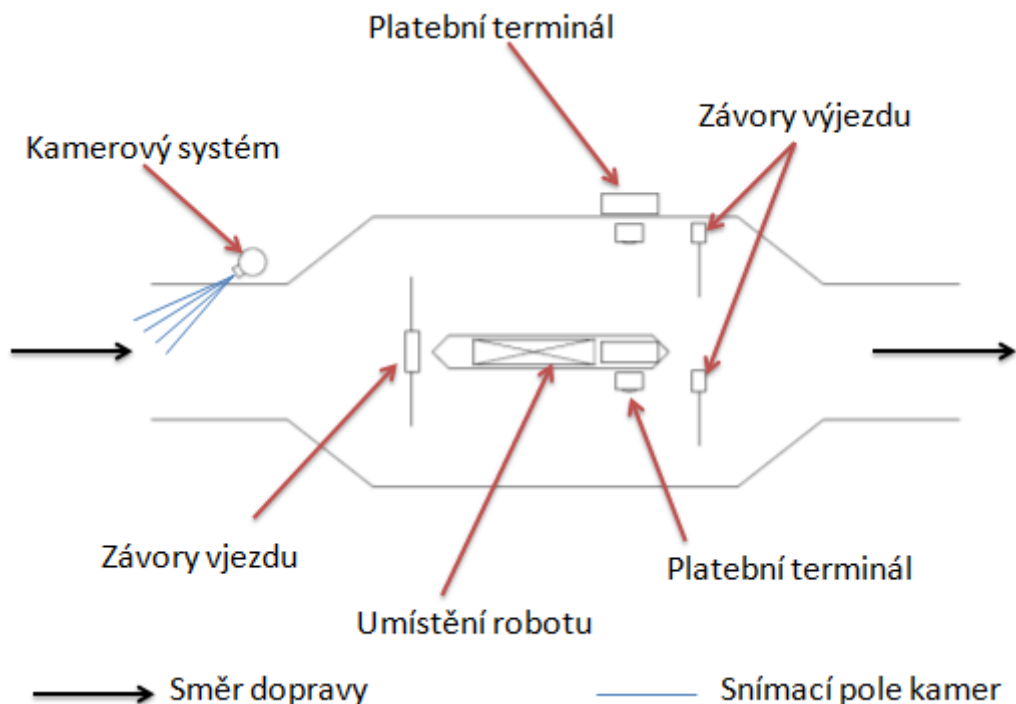


Obr. 24–Bezobslužná vrátnice-EFG [16]

Postup (viz. Obr. 25)

- 1) Automobil přijíždí k čerpací stanici po příjezdové cestě, pomocí kamerového systému dojde k rozpoznání SPZ
- 2) Díky rozpoznání SPZ systém zjistí z databáze automobilů, o jaký typ vozidla jde
- 3) Podle získaných informací dojde k umožnění vjezdu do příslušného tankovacího pruhu, zajištěného závorou vjezdu
- 4) Automobil pokračuje v jízdě, dokud vhodně nezastaví u platebního terminálu, tento terminál taktéž vyzve řidiče k vypnutí vozidla
- 5) Navolení úkonu tankování řidičem
- 6) Po navolení požadavků dojde k otevření boxu (umístění robotu) a vyjetí robotu
- 7) Kamera umístěná na efektoru robotu dohledá otvor nádrže
- 8) Po získání informací o umístění nádrže dojde k jejímu bezpečnému otevření a tankování

- 9) Pokud proběhl cyklus tankování, je vyslán signál na závoru výjezdu- pro řidiče jasný signál k opuštění stanice



Obr. 25–Princip podle rozpoznání SPZ

Popis prvků

Kamerový systém-obsahuje kamery určené pro venkovní prostředí, a taktéž noční vidění. Je umístěn na vjezdové bráně.

Závory vjezdu-skládá se z jednoho stojanu, na kterém je na každé straně umístěna závor, obsahuje také semafor, který zvýší přehlednost situace.

Platební terminál-tento prvek je určen k navolení tankovaného množství, typu paliva a následnému zaplacení. Řidič je zde také plně informován o celkovém průběhu tankování.

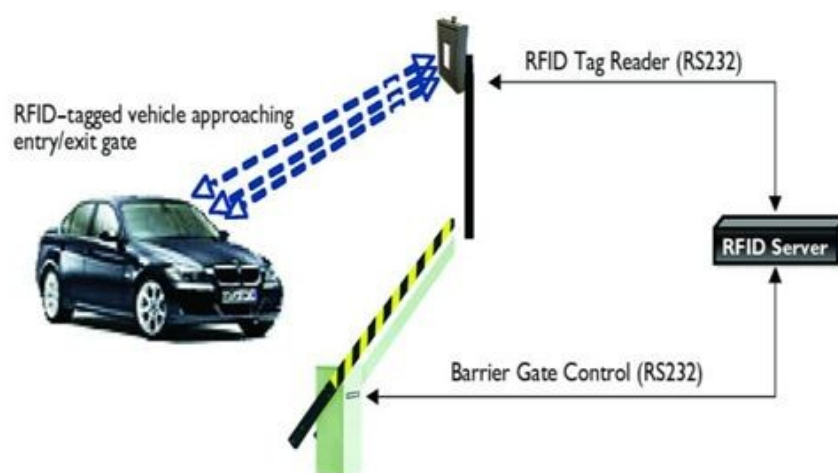
Závora výjezdu-skládá se ze stojanu a závor, taktéž obsahuje semafor.

Varianta rozpoznávacího systému – RFID technologie

Rozpoznání nastává pomocí RFID technologie. Postup je zde ze začátku totožný, zákazník musí před prvním tankováním navštívit příslušnou pobočku zajišťující chod čerpacích stanic, na které vyplní příslušný formulář. Po vyplnění formuláře získá příslušný RFID čip, který si následně připevní na víčko nádrže.

Popis RFID technologie

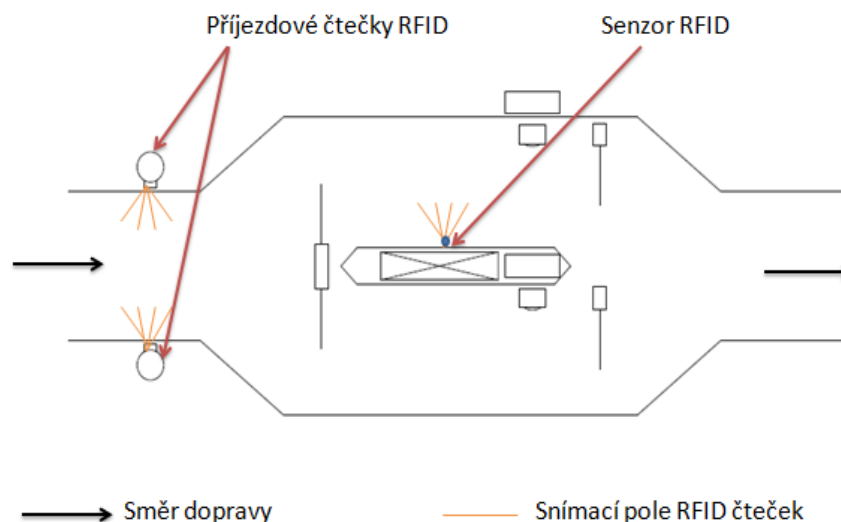
RFID-Radiofrekvenční identifikace znamená identifikaci dat pomocí radiových vln. Čip se zabudovanou anténou (odpovídač), čtecí přístroj a databanka tvoří vždy technickou jednotku. Systémy RFID se vyznačují třemi vlastnostmi: jednoznačným elektronickým označením, bezkontaktním přenosem dat a vysíláním na vyvolání. Takzvané pasivní čipy nemají žádný vlastní energetický zdroj. Čtecí zařízení vysílá elektromagnetické pole. Anténa na čipu promění elektromagnetické vlny v elektrickou energii, díky které je tento schopen specificky modulovat elektromagnetické pole čtecího zařízení. Tímto způsobem se přenese číselná řada uložená v čipu a objekt je jednoznačně identifikován.[17]



Obr. 26–Princip RFID [18]

Postup (viz. Obr. 27)

- 1) Automobil přijíždí k čerpací stanici po příjezdové cestě, pomocí příjezdových čteček umístěných po stranách vozovky dojde k získání informací o vozidle z čipu
- 2) Díky čipům systém zjistí z databáze automobilů, o jaký jde typ vozidla
- 3) Nastávají kroky 3, 4, 5 jako u rozpoznání pomocí SPZ
- 4) Senzor umístěný na boxu robotu zajistí díky čipu (na nádrži) rychlejší navedení robotu na nádrž, pro větší bezpečnost je robot vybaven ještě kamerou, která zpřesní navádění
- 5) Nastávají kroky 5, 6 jako u rozpoznání pomocí SPZ



Obr. 27–Schéma varianty-RFID

Popis prvků

Příjezdové čtečky RFID-skládá se ze dvou sloupů, na kterých jsou umístěné RFID čtečky.

Senzor RFID-taktéž se skládá z RFID čteček, které jsou umístěné na ochranném boxu robotu.

Ostatní prvky jsou použity jako u varianty-rozpoznání pomocí SPZ.

Zhodnocení rozpoznávacího systému

Návrhy rozpoznávacího systému jsou řešeny pouze okrajově. Neproběhl výběr optimální varianty z důvodu neznalosti tohoto prostředí. Také je třeba brát ohled na to, že daný systém bude navržen na základě dalších aspektů vyplývajících z daného prostředí a celkového chodu stanice, proto tyto dvě varianty nejsou zdaleka poslední, jak by tato úloha měla být řešena. Výhodou varianty rozpoznání podle SPZ je, že v případě „domácí“, úpravy automobilu, kdy nebyly informace o takto provedené změně na vozidle včas upraveny v databázi vozidel, může kamerový systém tuto změnu odhalit a zhodnotit jestli by tato změna mohla poškodit stanici. Oproti tomu výhodou u varianty RFID technologie je rychlejší zpřesnění navádění robotu na víčko nádrže.

7.2 Bezpečnostní a řídicí systém stanice

Bezpečnostní systém

Bezpečnostní systém stanice se dělí na 4 podsystémy (okruhy). První okruh je určený k vizuální kontrole stanice, jedná se o kamerové snímání a detekci pohybu na stanici. Druhý okruh je zaměřený na protipožární bezpečnost stanice, která vyplývá z daných bezpečnostních norem, třetí okruh je určený k hlášení aktuálního stavu stanice, čtvrtý okruh je zaměřený na automatizaci stanice.

První okruh

První okruh je určený jak k ochraně a bezpečnosti spotřebitelů, tak k ochraně samotné stanice, jedná se o monitorovací systém tvořený vhodnými kamerami pro toto prostředí a detektory pohybu. Úkolem je odhalení vzniku možného problému způsobeného zákazníkem (může se jednat např. o kolizi s některým se zařízením stanice, pohyb zákazníka v nebezpečném a zakázaném prostředí, porucha vozidla, atd.) ale také problémů vzniklých na stanici (např. porucha některého ze systémů), dále slouží jako kontrola proti vnějším vlivům vzniklých důsledkem špatných klimatických podmínek, a také proti osobám pohybujícím se v zakázaném prostředí.

Druhý okruh

Hlavními prvky druhého okruhu vyplývají z norem pro protipožární bezpečnost, jedná se tak zejména o požární hlásiče (detektory kouře) spolupracující se systémem hašení (hašení vodou, suchými-chemickými přípravky), detekční a signalizační prvky pro případ úniku vodíku, a tím i řešení zvýšení účinnosti ventilace tak, aby se koncentrace vodíku dostala pod limit vznícení, a další detekční prvky.

Třetí okruh

Do třetího okruhu spadají detekční a signalizační zařízení, které informují o aktuálním stavu uskladněného vodíku (např. aktuální objem uskladněného vodíku). Taktéž obsahuje řídicí prvky, které usměrňují a ovládají přesun vodíku z nádrží až do výdejního stojanu, jedná se tedy o prvky, které kontrolují rychlost čerpání, tlak v potrubí, tlak na filtru, řídí polohu ventilů atd.

Čtvrtý okruh

Čtvrtý okruh odpovídá za automatizaci stanice, což jsou prvky určené ke kontrole, řízení a ovládání robotu a prvky na něm závislé, jako jsou prvky efektoru a ochranný box k úschově robotu.

Řídicí systém

Řízení a kontrola celé stanice probíhá z jednoho centra tzv. ústředny. Z čerpací stanice budou tudíž veškeré informace (obrazy kamer, informace z rozpoznávacího systému, údaje ze senzorů a čidel, informace o stavu tankování a robotu, atd.) zasílány na ústřednu, kde budou vyhodnocovány operátorem, který bude mít možnost upravovat chod a stav stanice, taktéž bude spolupracovat s bezpečnostními složkami České republiky.

8 Výchozí informace pro návrh efektoru

8.1 Výchozí prvky

Při návrhu variant efektoru bylo postupováno podle toho, jak bude tankování probíhat. Prvním krokem bylo zjištění rozměrů a parametrů dvířek nádrže a velikosti prostoru okolo tankovacího ventilu umístěného na automobilu, dále rozměry a parametry krytky tankovacího ventilu, v poslední řadě byl vybrán typ tankovací pistole. Nedílnou součástí při návrhu efektoru byly taktéž informace získané při návrhu tankovací stanice.

Dvířka nádrže

Na trhu se nachází několik různých druhů dvířek nádrže, liší se jak rozměrově, tvarově, tak i materiálem ze kterého jsou vyrobeny. Prostor okolo ventilu se taktéž rozměrově a tvarově liší. Informace o přesných rozměrech nebyly dohledány, tudíž nastala potřeba tyto rozměry zaměřit ručně. Po ručním zaměření u několika typů automobilů byl vypracován přibližný model nádrže. Taktéž bylo třeba zohlednit automatické otvírání nádrže u některých automobilů.



Obr. 28–Dvířka nádrže [19]

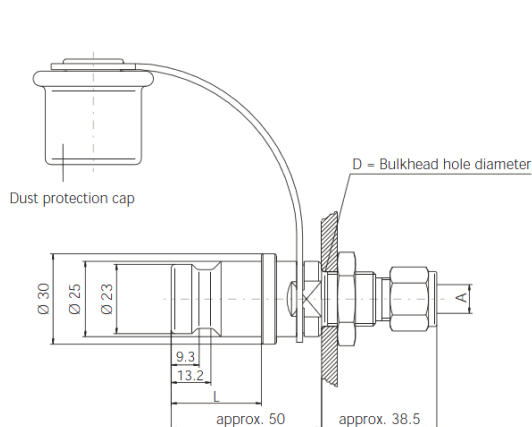
Krytka tankovacího ventilu

Krytek tankovacího ventilu taktéž dohledáme několik druhů, ať už rozměrově či tvarově. Rozdíl mezi krytkami na vodík a CNG je nepatrný (Obr. 30,31). Tyto krytky ovšem bývají pojištěny proti upadnutí přídržným lankem k plnicímu ventilu, není tudíž možnost krytku celkově odebrat (Obr. 29).

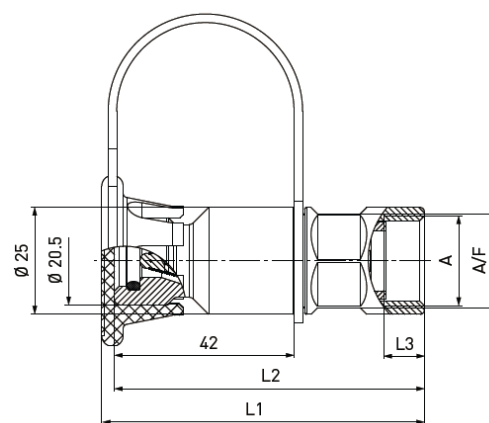
Problém vzniklý nemožným odebráním bude řešen normovaným víčkem, které zákazník obdrží, a taktéž zde proběhne demontáž stávajícího systému. Při první návštěvě centra, kde jako už bylo zmíněno, dochází i k vyplnění příslušných údajů o vozidle. Víčko bude rozměrově stejné jak pro vodík, tak pro CNG, lišit se bude v barvě. Na normovaném víčku bude taktéž vyznačen středící kříž z reflexní barvy pro lepší navedení robota.



Obr. 29–Krytky nádrže [20]



Obr. 30–Krytka ventilu na vodík [14]



Obr. 31–Krytka ventilu CNG [14]

Tankovací pistole

Tankovací pistole pro vodík a pro CNG jsou rozměrově i tvarově stejné, liší se pouze v koncové části podle profilu ventilu, aby bylo možné zamezit nasazení vodíkové pistole na CNG ventil.

Z hlediska jednoduchosti obsluhy je vybrán typ TK 16 H2 (Obr. 14) pro vodík a TK 16 CNG pro CNG (Obr. 32). Obě tyto pistole dosahují hmotnosti 1,75 kg a pracují na stejném principu aretace pistole na ventilu.



Obr. 32–Pistole TK16 CNG [14]

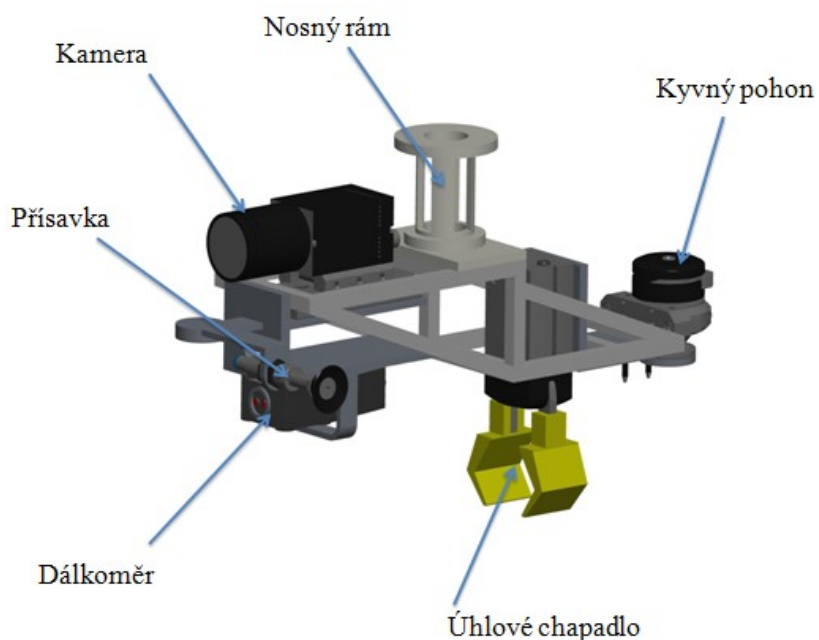
8.2 Popis provozu a prostředí

Při návrhu efektoru, který se pohybuje v nebezpečném prostředí (nebezpečí výbuchu) je brán maximální ohled na bezpečnost. Manipulační prvky a jejich pohony musí být navrženy tak, aby splňovaly potřebné normy pro toto prostředí. Taktéž, je třeba brát ohled na to, aby nedošlo k poškození vozidla. V případě poruchy či poškození určitého dílu, musí dojít k jeho okamžité a jednoduché výměně.

9 Varianty efektoru

9.1 Varianta A

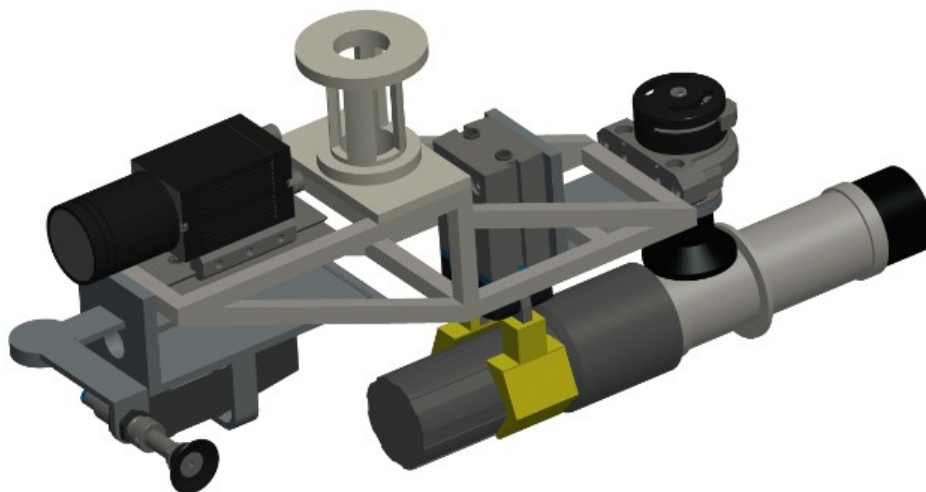
Hlavním nosným prvkem všech částí efektoru je hliníkový rám. Efektor se dělí na dvě funkční strany. Na jedné straně jsou umístěny prvky pro zaměření umístění nádrže, kamera a dálkoměr, dále je na této straně umístěna standardní přísavka, která umožňuje otevření dvířek nádrže a vyjmutí krytky ventilu. Na straně druhé je umístěno úhlové chapadlo a kyvný pohon. Úhlové chapadlo je určené k tomu, aby pevně sevřelo tankovací pistol. Kyvný pohon zajišťuje ovládání aretační páky tankovací pistole. Použité prvky, a to kyvný pohon, přísavka a úhlové chapadlo jsou vybrány u firmy Festo, a jako pohon slouží pneumatika.



Obr. 33-Varianta A

Parametry:

Rozměry (šířka:výška:délka):	200 : 260 : 440 (mm)
Hmotnost:	3.8 kg
Zdroj energie:	Pneumatický (podtlak pomocí ejektoru)
Typ přísavky:	Standardní o průměru 20 mm
Typ úhlového chapadla:	DHVS 32 uzavírací
Typ kyvného pohonu:	DSR 16



Obr. 34–Varianta A-pohled uchycení plnicí pistole

Výhody

- Jednoduchá konstrukce
- Nižší náročnost na energii
- Hmotnost konstrukce
- Nižší cena
- Nižší nároky na údržbu

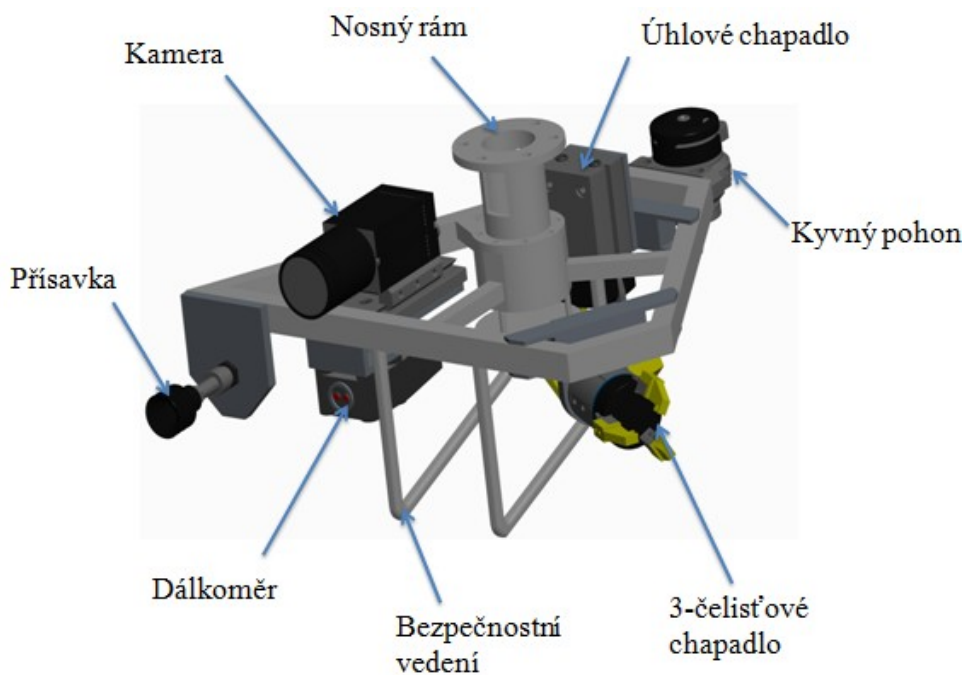
Nevýhody

- Horší manipulace při otvírání dvířek nádrže (u standardní přísavky je malá možnost průhybu při otáčení s dvířky)
- Nedokonalé uchycení některých typů dvířek nádrže
- Vyjmutí a nasazení krytky ventilu (možné nepřesnosti)
- Při výpadku energie vypadnutí krytky ventilu s přísavky

9.2 Varianta B

Nosným prvkem je hliníkový rám tvaru rovnostranného trojúhelníku. Stejně jako u varianty A se o zaměření umístění nádrže stará kamera a dálkoměr. O otvírání dvířek nádrže se stará přísavka o průměru 30 mm a typu 3,5 měchu, což zaručí lepší deformaci při různě tvarovaném víčku nádrže, taktéž je lepší její manipulace při otvírání a následnému vytáčení dvířek. Pro vyjmutí a držení krytky ventilu je určeno tři čelist'ové chapadlo, které zajistí dokonalé uchycení, a taktéž lepší nasazení krytky zpět na ventil. Plnicí pistole je

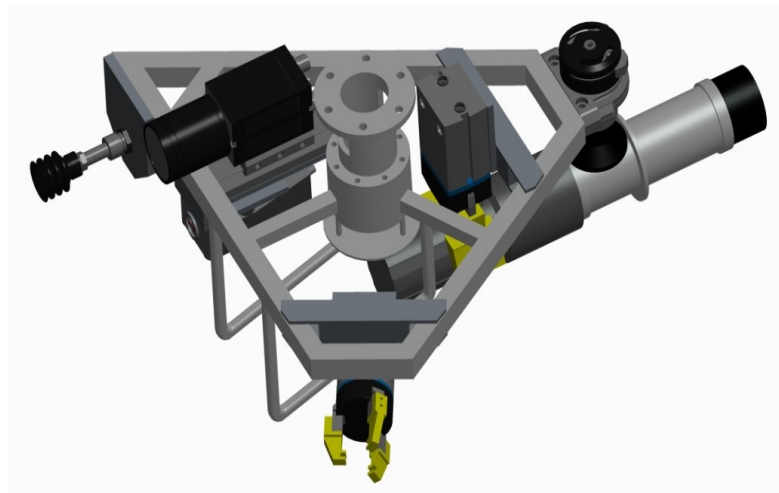
uchycena a ovládána jako u varianty A. Přísavka a pneumaticky ovládané tříčelistové chapadlo je taktéž zvolené u firmy Festo.



Obr. 35–Varianta B

Parametry:

Rozměry (délka strany:výška):	380 : 260 (mm)
Hmotnost:	5 kg
Zdroj energie:	Pneumatický (podtlak pomocí ejektoru)
Typ přísavky:	3,5 měchu o průměru 30 mm
Typ 3-čelistového chapadla:	DHDS 32 NC-uzavírací
Typ úhlového chapadla:	DHVS 32 uzavírací
Typ kývného pohonu:	DSR 16



Obr. 36–Varianta B-pohled s plnicí pistolí

Výhody

- Lepší manipulace při otvírání dvířek díky 3,5 měchu přísavky
- Lepší dosedací vlastnosti při různě tvarovaných dvířkách nádrže
- Pevné uchycení krytky ventilu-nasazení krytky na ventil
- Nasazení krytky na ventil
- Při výpadku energie nemožnost vypadnutí krytky s chapadla

Nevýhody

- Hmotnost konstrukce
- Vyšší nároky na údržbu
- Složitější konstrukce
- Vyšší cena

10 Hodnotová analýza výběru efektoru

10.1 Kritéria rozhodování

V tabulce Tab. 8. je seznam vybraných kritérií a jejich popis, na základě kterých jsou navrhované varianty posuzovány a hodnoceny. Tyto kritéria budou hodnocena bodovou stupnicí v tabulce Tab. 2. o rozsahu od 1 do 6. Čím je počet bodů vyšší, tím je kritérium pro danou variantu příznivější a naopak. [3]

Označení kritéria	kritéria	Charakteristika kritéria
K1	Hmotnost	Celková hmotnost efektoru
K2	Funkční spolehlivost	Chování a spolehlivost v provozu
K3	Cena	Odhadovaná cena komponentů
K4	Údržba	Náročnost na servis/opravu komponentů
K5	Bezpečnost	Riziko poškození automobilů

Tab. 8. – Popis kritérií a jejich charakteristika

Vysoká úroveň	6b.
Dobrá úroveň	5b.
Průměrná úroveň	4b.
Nízká úroveň	3b.
Nevyhovující úroveň	2b.
Nepříznivý stav	1b.

Tab. 2. – Bodová stupnice

10.2 Zhodnocení kritérií

V tabulce Tab. 9. Je bodové vyhodnocení na základě zvolených kritérií pro jednotlivé varianty.

Kritérium	Varianta A	Varianta B
K1 – Hmotnost	5	4
K2–Funkční spolehlivost	3	6
K3 – Cena	6	4
K4 – Údržba	5	4
K5 – Bezpečnost	3	6

Tab. 9. – Zhodnocení kritérií

10.3 Váha významnosti jednotlivých kritérií

Porovnané páry kritérií				Počet voleb v	pořadí	Váha významnosti q
K1 K2	K1 K3	K1 K4	K1 K5	0,5	5	1,125
	K2 K3	K2 K4	K2 K5	3,5	1,2	1,875
		K3 K4	K3 K5	1	4	1,25
			K4 K5	1,5	3	1,375
				3,5	1,2	1,875

Tab. 10. – Váha významnosti jednotlivých variant

Pro váhu významnosti q byla zvolená lineární závislost: $q = 0,25 * v + 1$

v – počet voleb

10.4 Výpočet vážených indexů I_{ij} jednotlivých variant

Kritérium	Varianta A		
	Hodnota	Váha významnosti kritéria q	Vážený index kritéria I_{ij}
K1	5	1,125	5,625
K2	3	1,875	5,625
K3	6	1,25	7,5
K4	5	1,375	6,875
K5	3	1,875	5,625
Celkový součet vážených indexů I_{ij} varianty 1:			31,25

Tab. 11. – Výpočet vážených indexů varianty A

Kritérium	Varianta B		
	Hodnota	Váha významnosti kritéria q	Vážený index kritéria l_{ij}
K1	4	1,125	4,5
K2	6	1,875	11,25
K3	4	1,25	5
K4	4	1,375	5,5
K5	6	1,875	11,25
Celkový součet vážených indexů l_{ij} varianty 2:			37,5

Tab. 12. – Výpočet vážených indexů varianty B

10.5 Součet vážených indexů a stanovení pořadí variant

Pořadí	Celkový součet vážených indexů l_{ij}	Varianta
1	37,5	B
2	31,25	A

Tab. 13. – Výsledky hodnotové analýzy

Po provedení hodnotové analýzy byla zvolena jako optimální, varianta efektoru B, která dosáhla 37.5 bodů, oproti variantě A která získala pouze 31.25 bodů.

11 Řešení optimální varianty efektoru

Řešení optimální varianty efektoru probíhalo podle následujícího postupu.

Postup řešení:

- 1) Volba chapadel a přísavky
- 2) Sestavení pneumatického obvodu
- 3) Volba pneumatických prvků
- 4) Volba senzorických částí
- 5) Konstrukce rámu a usazení prvků

11.1 Volba chapadel a přísavky

Volba přísavky

Typ přísavky byl navolen z hlediska úkonů, které musí vykonat. Mezi tyto úkony patří uchycení různě tvarovaných dvířek nádrží a možnost deformace při otvírání dvířek o 90°. Sílu, kterou musí přísavka vyvinout, aby otevřela dvířka nádrže, než dojde k jejímu odtrhnutí, nebylo možné dohledat. Dalším kritériem, které bylo potřeba vzít v potaz, je že dvířka mohou být zdeformované a ve špatném funkčním stavu. Navržená síla na odtrhnutí přísavky byla vyhodnocena na hodnotu $F_t = 15 \text{ N}$.

Přísavka- Festo ESG-30-CN-HC-QS

Průměr přísavky:	30 mm
Typ měchu:	3,5 násobný
Materiál přísavky:	CN perbunan
Síla na odtržení:	20,8 N
Hmotnost přísavky s držákem:	59 g
Připojení:	QS 6 –nástrčné připojení

Volba tří-čelistového chapadla

Volba chapadla je volena vzhledem k velikosti plastové krytky ventilu, kdy je potřeba volit rozevření čelistí, v tomto případě bylo rozevření jedné čelisti stanové na hodnotu 3 mm. Krytka ventilu se také nasazuje/sundává z ventilu určitou axiální silou, tato síla byla navolena na hodnotu $F_a = 15 \text{ N}$. Hmotnost krytky byla vůči své nepatrné velikosti zanedbána.

Tří čelistové chapadlo - Festo DHDS 32 NC uzavírací

Způsob činnosti:	dvojčinný
Pojištění síly úchopu:	NC
Zdvih každé čelisti:	3,9 mm
Opakovatelná přesnost:	0,04 mm
Rozsah tlaku:	2 až 8 bar
Hmotnost:	281 g
Síla úchopu v čelistech:	115 N
Max. Axiální síla v čelistech:	150 N

Pozn. Tří čelistové chapadlo, co se týče sil je poměrně dost předimenzované. Ovšem při volbě menšího chapadla dané řady, nebyl splněn požadavek na rozevření jedné čelisti. Vzhledem k jeho parametrům je chapadlo použité jako jednočinné, o úchop se tudíž stará NC úchop (pružina).

Volba kyvného pohonu

Požadavky kyvného pohonu se odvíjejí od použité trysky, na které je potřeba manipulovat s aretační pákou rozmezí od 0° do 180°. Potřebný moment k otočení páky taktéž nebylo možné dohledat, proto byl zvolen na hodnotu 1 Nm.

Kyvný pohon - Festo DSR 16 FW

Rozsah kyvu:	184°
Provozní tlak:	2 až 8 bar
Max. krouticí moment:	2 Nm
Hmotnost:	350 g

Volba úhlového chapadla

Úhlové chapadlo je určené k tomu aby pevně uchytlo plnicí pistoli. Hlavními vstupními parametry pro návrh chapadla je síla úchopu vycházející z hmotnosti pistole a taktéž z hmotnosti hadice. Další veličinou je zrychlení, kterým se bude pohybovat. výpočet a návrh chapadla je řešen v kap. 16.1.

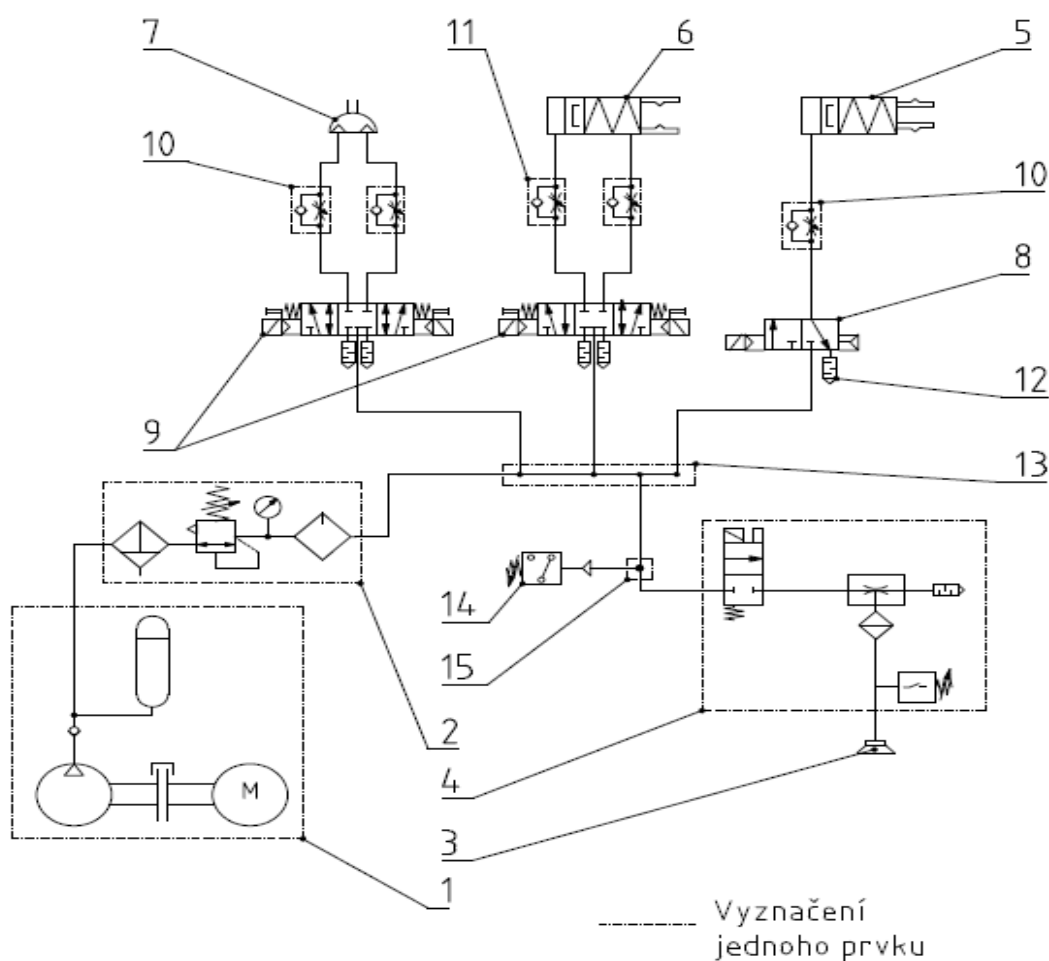
Úhlové chapadlo - Festo DHWS 32 NC

Způsob činnosti:	Dvojčinný
Pojištění síly úchopu:	NC
Provozní tlak:	2 až 8 bar
Opakovatelná přesnost:	0,04 mm
Max. moment úchopu:	746 Ncm
Přípustná axiální síla:	120 N
Hmotnost:	462 g

11.2 Sestavení pneumatického obvodu a výběr prvků

Pneumatický obvod byl sestaven podle vzniklých požadavků a prvků, které musí obsahovat:

- Obvod musí obsahovat vzdušník pro uložení pneumatické energie, a taktéž jednotku pro úpravu stlačeného vzduchu
- Kompresor musí být vybaven funkcí start/stop
- Přiváděcí pneumatická hadice se dělí pomocí rozdělovače až na efektoru, robotem je tudíž vedena pouze jedna hadice = jednodušší instalace a manipulovatelnost
- Obvod navrhnout tak, aby v případě výpadku či přerušení pneumatické energie nedojde k upuštění krytky či plnicí pistole
- Rozvaděče a ejektor řídit elektromagneticky, taktéž je umístit až na efektor z hlediska minimalizace ztrát vedením.
- Systém odhlučnit tlumiči odfuku
- Tlak obvodu zvolený podle vybraných chapadel na hodnotu 6 bar



Obr. 37–Pneumatické schéma

Popis obvodu (Obr. 36)

O výrobu tlakového média se stará kompresor poháněný elektromotorem. Aby nemusel jet stále, je v obvodu použit vzdušník pro uložení pneumatické energie. Výrobce kompresoru dodává jednotku už se vzdušníkem, je tudíž označena jako celek (Poz. 1). Pro splnění účelu je kompresor vybaven regulací start/stop, která je řízena zpětnou vazbou od vzdušníku. Ze vzdušníku jde pneumatická energie přes jednotku pro úpravu stlačeného vzduchu (Poz. 2), která se skládá z filtru, regulátoru tlaku, manometru a maznice. Až po tuto jednotku se všechny komponenty nachází ve vymezeném prostoru (v ochranném boxu robotu).

Z jednotky jde hadice přes robota až na efektor, kde se nachází rozdělovač (Poz. 13). Rozdělovač dělí 1 přívod na 4 vývody. Z těchto vývodů směřují pneumatická energie k jednotlivým elektricky ovládaným ventilům (rozvaděčům) a k ejektoru. Ejektor (Poz. 4) vytváří podtlak, který je přiveden na přísavku (Poz. 3). Tři čelistové chapadlo (Poz. 5) je ovládáno 3/2 elektrickým ventilem (Poz. 8), který je v klidu uzavřen. Rychlost svírání čelistí tohoto chapadla je ovládána škrťicím ventilem (Poz. 10). Úhlové chapadlo (Poz. 6) je ovládáno 5/3 elektrickým ventilem (Poz. 9), který je v klidové poloze uzavřen. Z ventilu jdou dva vývody na chapadlo, které je dvojčinné. Pokud přiveden tlakové médium pod píst, dojde k otevření chapadla, jestliže chceme chapadlo sevřít, přivedeme vzduch nad píst, tím že jsou na přívodech z chapadla použity škrťicí ventily (Poz. 11), je možné ručně regulovat rychlost svírání. Na stejném principu funguje kyvný pohon (Poz. 7), taktéž je ovládán 5/3 elektrickým ventilem (Poz. 9), který je v klidové poloze uzavřen. Rychlost kyvného pohonu je regulovány škrťicími ventily (Poz. 10). Pro snížení hluku jsou na ventily nainstalované tlumiče hluku (Poz. 12). Na efektoru je taktéž umístěno čidlo tlaku (Poz. 14), které je připojené k rozdělovači (Poz. 15).

Volba pneumatických prvků (Obr. 36).

***Kompresor* (Poz. 1)**

Označení:	MSM3-200
Vzdušník:	200 l
Připojení pneumatiky:	G ¼
Provozní tlak:	10 bar
Příkon:	3 kW

Jednotka úpravy stlačeného vzduchu Bosch (Poz. 2)

Označení:	AS1-ACT
Charakteristika:	Filtr, regulátor tlaku, manometr, maznice
Připojení pneumatiky:	G ¼
Provozní tlak:	1,5 až 12 bar
Regulační tlak:	0,5 až 8 bar
Hmotnost:	646 g

Ejektor Festo (Poz. 4)

Označení:	OVEM-05-H-B-PO-CE-N-1N
Charakteristika:	Vakuový ejektor s elektromagnetickým ventilem
Připojení vakua:	QS 6 – nástrčné připojení
Připojení pneumatiky:	QS 6 – nástrčné připojení
Provozní tlak:	6 bar
Hmotnost:	322 g

Elektricky ovládaný ventil Festo (Poz. 8)

Označení:	VOVG-L10-M32C-AD-Q6-1H3
Funkce ventilu:	3/2 monostabilní, v klidu uzavřen
Typ ovládání:	elektrický 24 V
Připojení pneumatiky:	QS 6 – nástrčné připojení
Provozní tlak:	0,9 až 8 bar
Hmotnost:	45 g

Škrťací ventil Festo (Poz. 10)

Označení:	GRLA-M5-QS-6-D
Připojení pneumatiky:	M5
Připojení pneumatiky 1:	QS 6 – nástrčné připojení
Hmotnost:	13 g

Elektricky ovládaný ventil Festo (Poz. 9)

Označení:	VUVG-L10-P53C-T-M5-1H3L
Funkce ventilu:	5/3 ve střední poloze uzavřen

Typ ovládání:	elektrický 24 V
Připojení pneumatiky:	QS 6 – nástrčné připojení
Provozní tlak:	0,9 až 10 bar
Hmotnost:	55 g

Škrťící ventil Festo (Poz. 11)

Označení:	GRLA-1/8-QS-6-D
Připojení pneumatiky:	1/8 G
Připojení pneumatiky 1:	QS 6 – nástrčné připojení
Hmotnost:	22 g

Tlumič hluku Festo (Poz. 12)

Označení:	UC-QS-6H
Připojení pneumatiky:	QS 6 – nástrčné připojení
Hmotnost:	1,1 g

Rozdělovač Legris (Poz. 13)

Označení:	3132
Připojení pneumatiky:	G 1/4
Připojení pneu. vývod:	QS 6 – nástrčné připojení
Hmotnost:	53 g

Čidlo tlaku Festo (Poz. 14)

Označení:	SPAB-P10
Funkce:	Spínací/rozpínací
Rozsah tlaku:	0 až 10 bar
Přesnost zobrazení:	1 %
Napájecí napětí:	12 až 24 V
Elektrický výstup:	Digitální/analogový
Připojení pneumatiky:	G 1/8
Hmotnost:	45 g

Rozdělovač Legris (Poz. 15)

Označení:	3108
Připojení pneumatiky:	G 1/8
Připojení pneumatiky 1:	QS 6 – nástrčné připojení
Hmotnost:	9 g

K propojení pneumatických prvků je použita hadice o průměru 6 mm, všechny vývody a přívody jsou řešeny pomocí QS 6- což je nástrčné připojení, je tudíž zaručená plná kompatibilita. Pouze tlakové čidlo má vstupní připojení G 1/8, abychom ho mohli připojit do obvodu, je použit rozdělovač ve tvaru T (Poz. 15) ten má dva výstupy QS 6 a jeden G 1/8.

Výběr prvků proběhl pomocí katalogových listů na stránkách Festo a Bosch [22,24].

11.3 Volba senzorických částí

Výběr senzorických částí proběhl za účelem zjištění polohy nádrže vozidla. Při příjezdu automobilu na stanici je řidič povinen zastavit u platebního terminálu, vzhledem k jeho umístění a typu vozidla robot dostane informace, kde by se otvor nádrže měl přibližně nacházet. Pro jeho přesné zaměření slouží systém kompaktních kamer, které jsou určeny pro rozeznání polohy. Tyto kamery ovšem umí zjistit polohu pouze ve 2D, je tedy potřeba určit ještě vzdálenost mezi efektozem a nádrží automobilu. K určení vzdálenosti je tedy nutnost použít dálkoměr [21,22].

Kompaktní kamera Festo

Označení:	SBOC-M-R1B-H
Označení adaptační sady:	SBOA-HMSV-39
Rozlišení čidla:	640 x 480 pixel
Provozní napětí:	24 V
Připojení k síti:	rozhraní Ethernet
Hmotnost kamery:	182 g
Hmot. adaptační sady:	150 g

Optoelektronický snímač vzdálenosti Balluf

Označení:	BOD 66M-LA12-S92
Minimální vzdálenost:	150 mm
Maximální vzdálenost:	800 mm
Provozní napětí:	24 V
Teplota použití:	-20 až 50°C
Hmotnost:	200 g

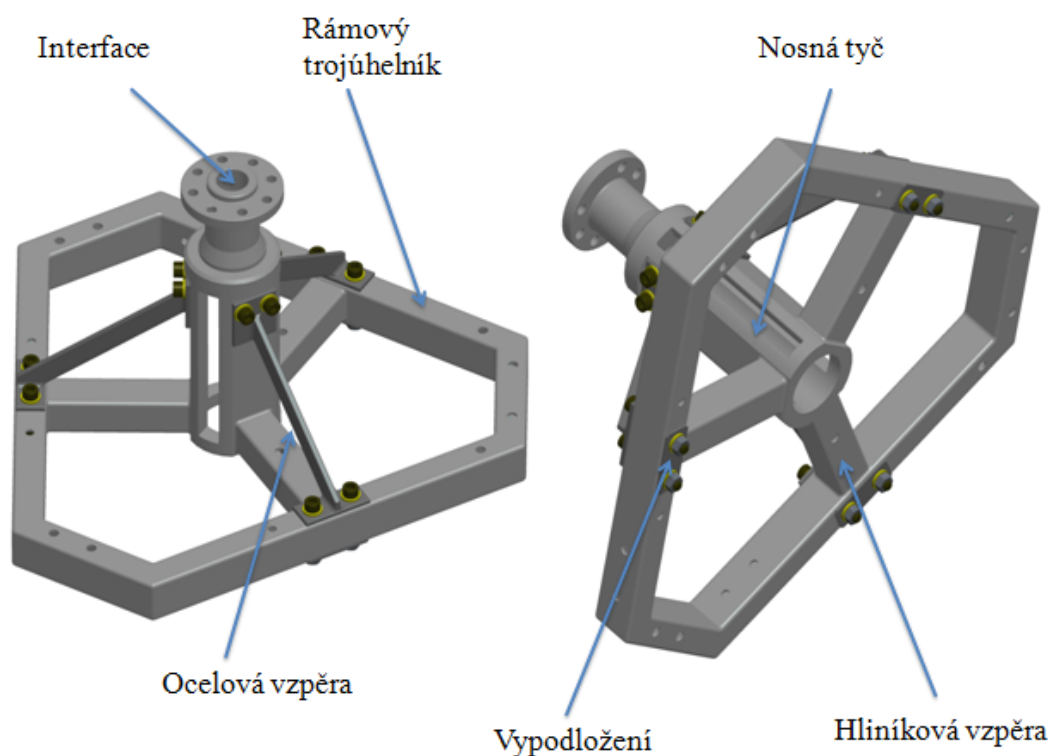


Obr. 38–Optoelektronický snímač [21]

Čidla umístěné na chapadlech nebyly řešeny. Ovšem nejedná se o velký problém, chapadla jsou připravené pro umístění těchto čidel, a u výrobce jich nalezneme hned několik druhů.

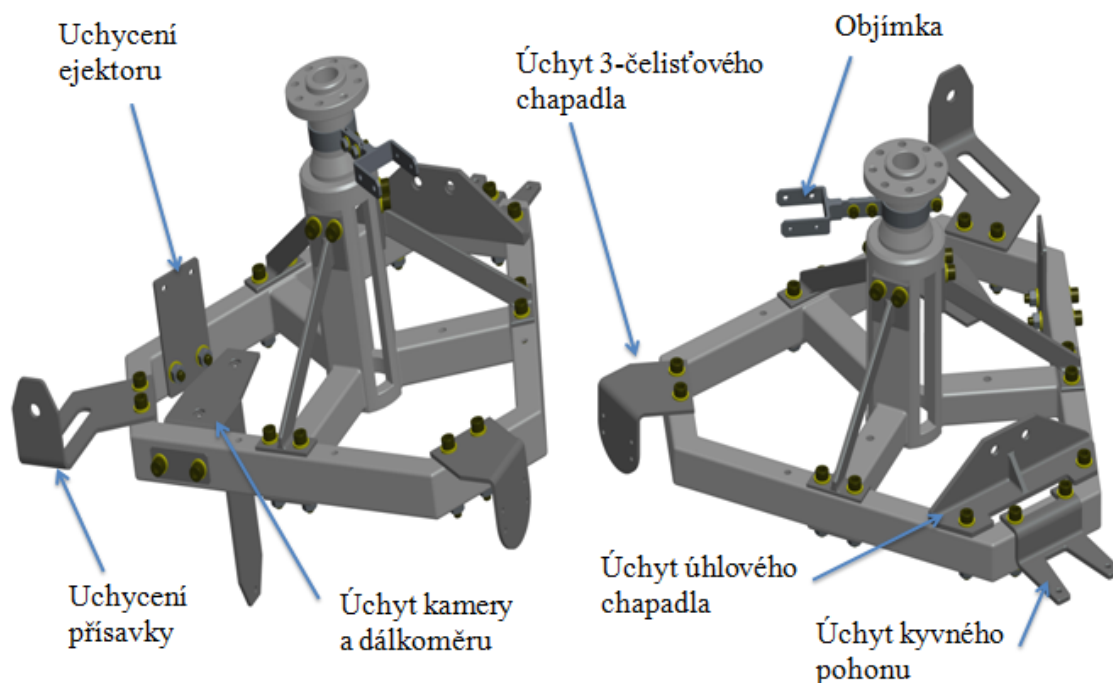
11.4 Konstrukce rámu a usazení prvků

Hlavní nosnou částí efektoru je svařovaný hliníkový rám (Obr. 39), který je kompletně chráněn povrchovou úpravou (komaxitem). Základ tvoří kruhová nosná tyč o vnějším průměru 60 mm a tloušťce 10 mm, v této tyči jsou vyfrézované odlehčovací otvory, a také drážky a díry se závity pro upevnění vzpěr. Na tuto tyč jsou přivařeny hliníkové vzpěry „jeklového“ profilu o rozměrech 20 x 20 mm a tloušťce stěny 2 mm. Na druhé straně jsou vzpěry přivařeny k rámovému trojúhelníku, který je také tvořen „jekly“ o rozměru 20 x 30 mm a tloušťce stěny 2 mm. Upevnění k robotu je pomocí interface, vyrobeného z hliníkové kulatiny a přivařeného k nosné tyči. Vyšší tuhost rámu dodávají ocelové vzpěry, také vyrobeny svařováním, ke spojení s rámem jsou použity imbusové šrouby M6. Aby se zamezilo průhybu profilu hliníkového trojúhelníku, jsou pod podložky šroubů umístěny ještě vyložení z ocelového plechu o tloušťce 1,5 mm.



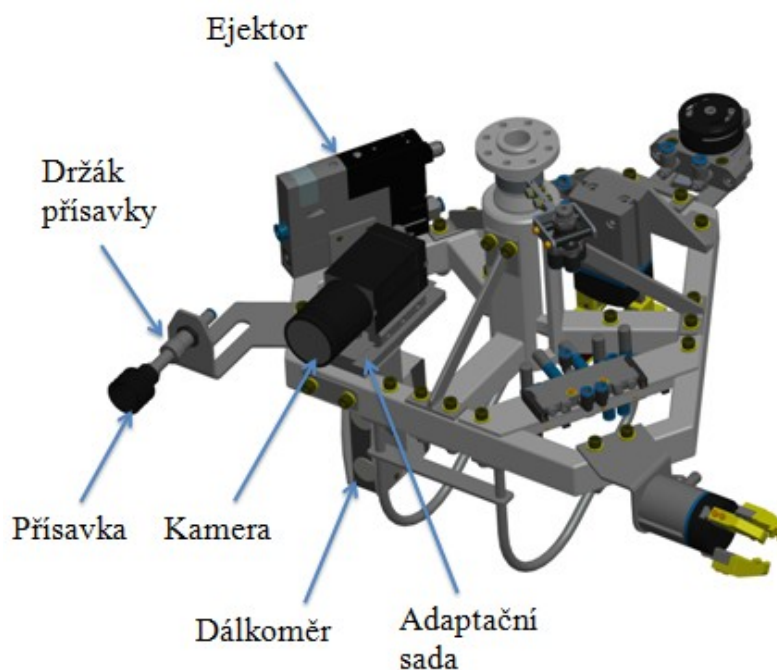
Obr. 39–Rám efektoru

Na rám jsou připevněny pomocí spojovacího materiálu, nejčastěji imbusových šroubů M6, prvky pro uchycení chapadel (Obr. 40). Materiálem prvků je zvolena ocel, a taktéž všechny jsou chráněny povrchovou úpravou (komaxitem) Uchycení přísavky je tvořeno vyřezaným a ohýbaným plechem. Ejektor je připevněn k plochému profilu do závitových otvorů pomocí šroubů. Kamera je pomocí adaptační sady uchycena k vyřezanému a následně ohnutému plechu, na který je přivařen plochý profil určený k uchycení dálkoměru. Tři čelistové chapadlo je taktéž přichyceno k vyřezanému a následně ohnutému plechu. U všech těchto prvků byl použit plech o tloušťce 3 mm. Úhlové chapadlo je upevněno k odlehčenému rovnoramennému profilu L o délce strany 45mm a tloušťce 4 mm, ze stejné tloušťky je taktéž vyroben vyřezaný a ohýbaný úchyt kyvného pohonu. Objímka určená pro rozdělovač je řešena pouze přibližně, není totiž zcela jasné, jak bude vedena hadice pro pneumatické médium přes robota, taktéž zde přibude držák elektrické kabeláže.



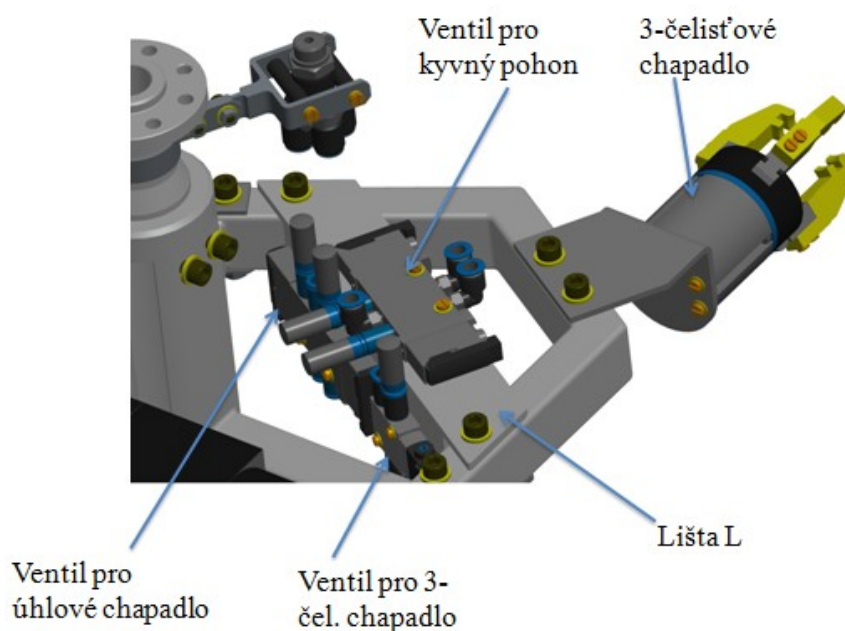
Obr. 40–Umístění prvků pro úchyt chapadel

Vzdálenost mezi měchem přísavky a ocelovým úchytem lze upravovat pomocí držáku s vnějším závitem, který je do úchyty našroubován a zajištěn dvěma maticemi. Taktéž vysunutí kamery lze regulovat v jedné ose pomocí adaptační sady. Dálkoměr a ejektor jsou díky montážním otvorům pevně uchyceny k příslušným úchytům, jako spojovací materiál byly s převážné části voleny šrouby s imbusovou hlavou. (Obr. 41)

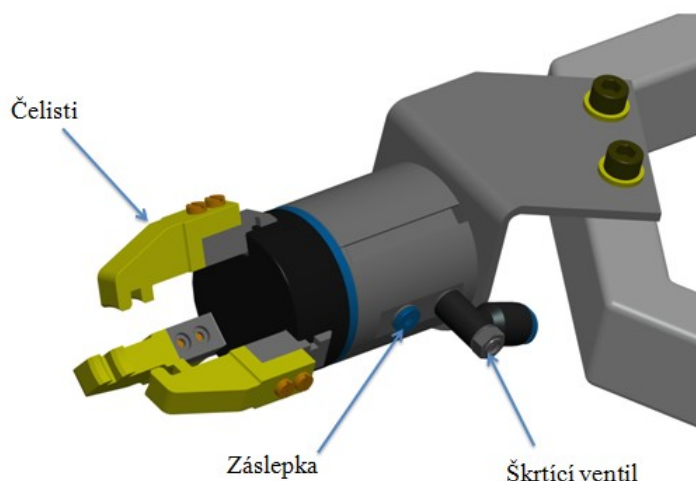


Obr. 41–Umístění přísavky a senzorických komponentů

Tří-čelistové chapadlo je vybaveno čelistmi vyrobenými ze slitiny hliníku pod označením EN 7022 z důvodů vyšší pevnosti, čelisti jsou přichyceny šrouby M3 s válcovou hlavou. Pro regulaci rychlosti sevření je na chapadlo namontován škrticí ventil (Obr. 43). Elektricky řízené ventily jsou upevněny na hliníkové liště L profilu (montáž ventilu na profil se provádí před uchycením na efektor), který je pomocí imbusových šroubů M6 připevněn k rámu. (Obr. 42)



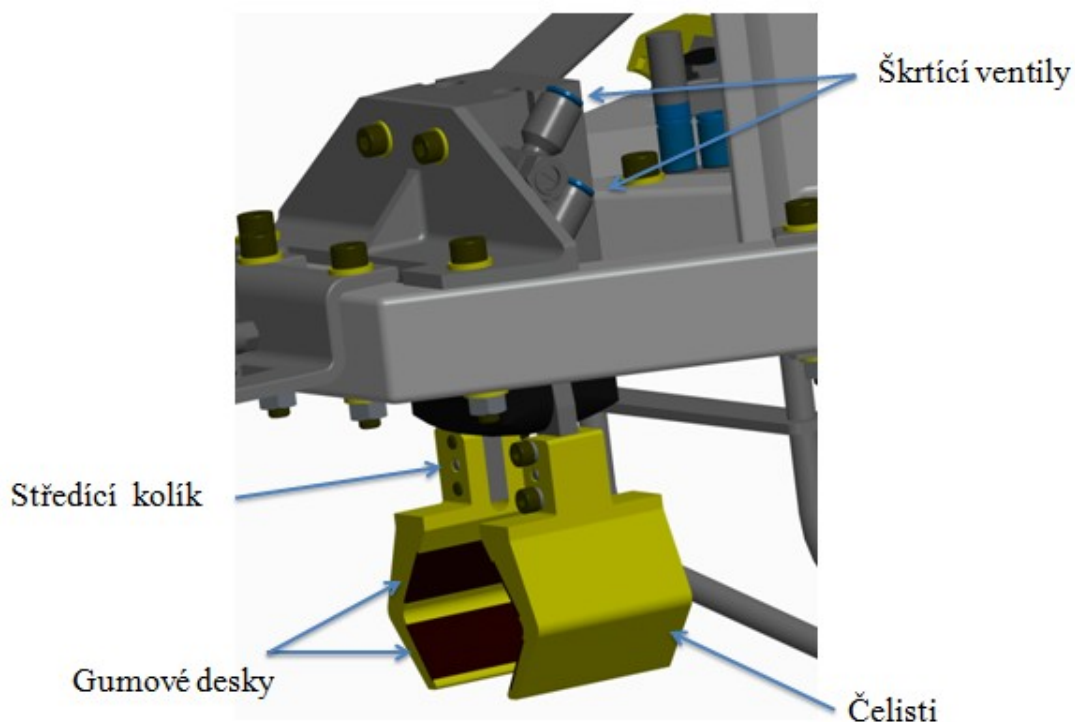
***Obr. 42**–Umístění ventilů a tří-čelistového chap.*



***Obr. 43**–Detail Tří-čelistového chapadla*

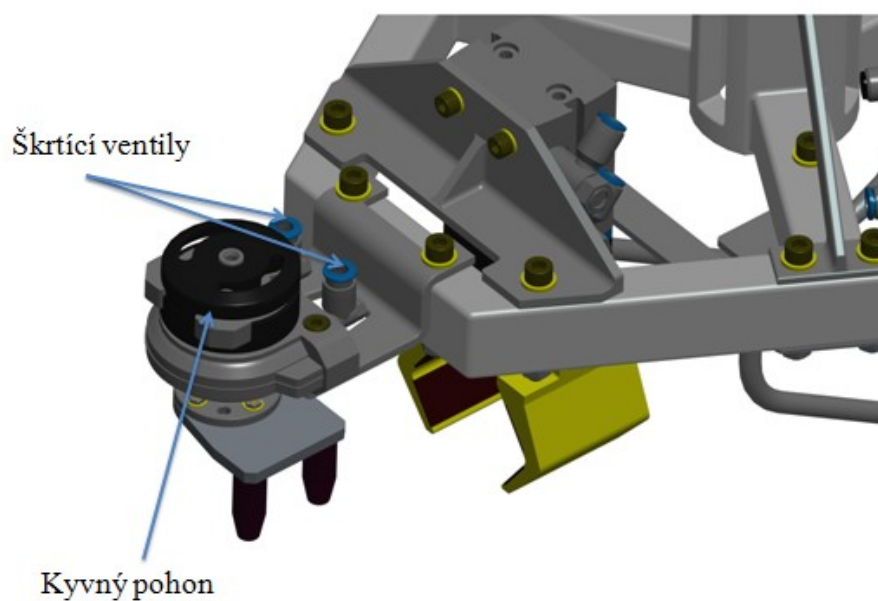
Na uhlové chapadlo jsou připevněny pomocí šroubů M4 a středících kolíků o průměru 3 mm dvě čelisti taktéž ze slitiny hliníku označené EN 7022. Jak už bylo zmíněno, tyto

čelisti slouží k uchycení tankovací pistole, jsou tudíž navrženy tak, aby ji svírali co největší plochou. V čelistech jsou vyfrézované drážky pro umístění gumových desek za účelem zvýšení tření, pevné spojení čelistí a desek je zajištěno přilepením. K regulaci rychlosti sevření a otevření chapadla jsou na jeho přírady namontovány škrťací ventily.

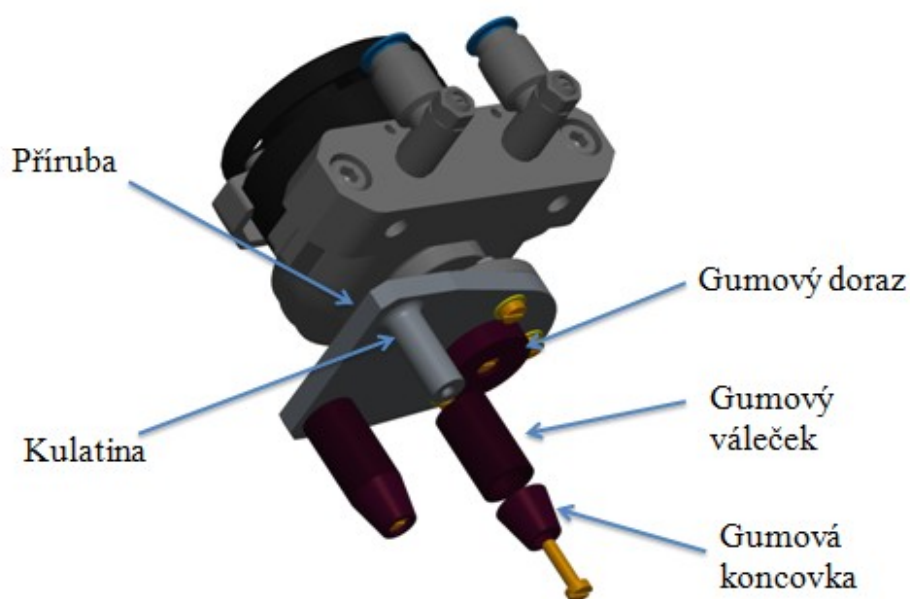


Obr. 44–Detail úhlového chapadla

V přední části rámu je umístěný kyvný pohon, taktéž řízení rychlosti kyvu, který je v tomto případě od 0° do 180° je pomocí škrťacích ventilů (Obr. 45). Na kyvný pohon je šrouby M3 připevněna ocelová příruba s přivařenými kulatinami obsahující otvory se závity. Tyto kulatiny slouží jako opěrné body při manipulaci s aretační pákou. Na každou kulatinu je nasazen gumový váleček, a gumová koncovka, zajištěny jsou šroubem. Koncovka zajistí vystředění při najíždění efektoru na aretační páku, váleček slouží ochraně před případnými vibracemi při najetí páky do koncové polohy, obě tyto části taktéž zamezují poškození aretační páky. Ve středu příruby je umístěn gumový doraz, který slouží jako opěrný bod, pokud by došlo vychýlení hadice (Obr. 46).

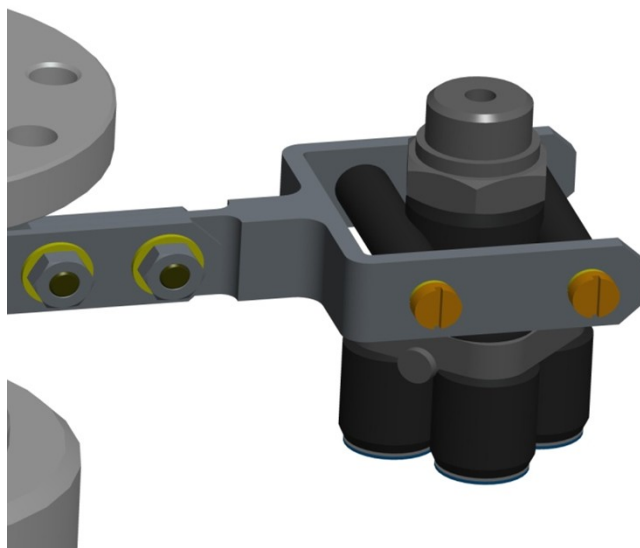


Obr. 45–Umístění kyvného pohonu



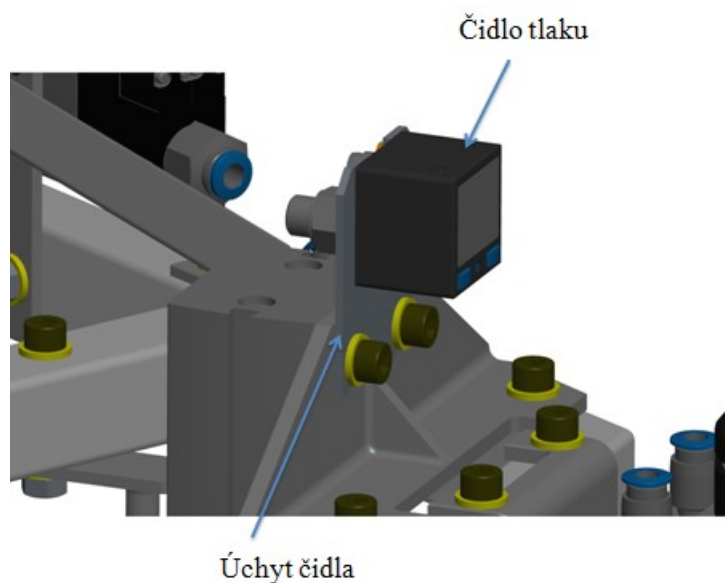
Obr. 46–Detail kyvného pohonu

Pro rozdělení pneumatické energie na čtyři vstupy elektricky řízených ventilu a ejektoru, je na efektor umístěn rozdělovač se vstupním připojením G 1/4 a výstupním připojením QS 6. Rozdělovač je uchycen za rameno objímky. (Obr. 47)



Obr. 47–Rozdělovač

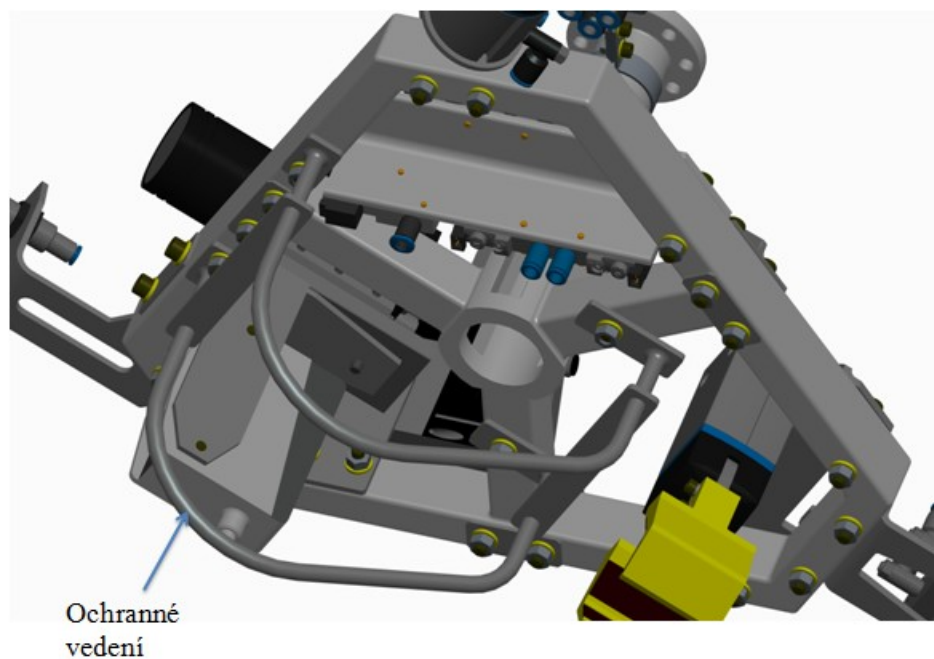
V přední části, nad úhlovým chapadlem, se nachází čidlo tlaku. Čidlo je uchycené šrouby M3 k úchytu, který je vyrobený z ocelového plechu o tloušťce 2mm. Úchyt je připevněn šrouby, které zároveň slouží k uchycení úhlového chapadla. Přívod tlaku na čidlo zajišťuje T rozdělovač, tento rozdělovač bude uchycen pouze mezi hadicemi a ve 3D modelu nebyl řešen.(Obr. 48)



Obr. 48–Uchycení čidla

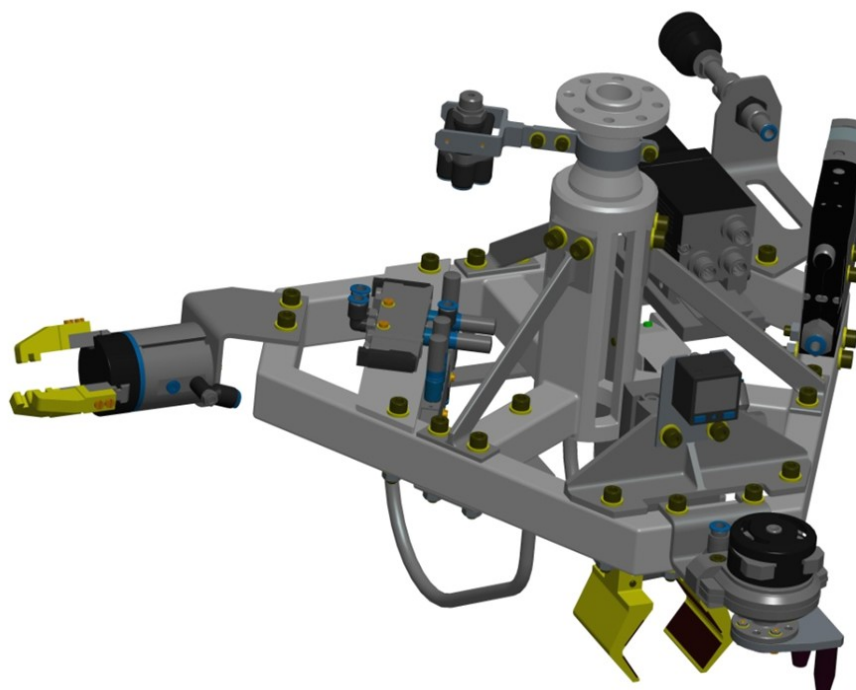
K zamezení poškození částí efektoru hadicí tankovací pistole, je na rám připevněno ocelové ochranné vedení, vytvořené z ohýbaných ocelových kulatin o průměru 8 mm, pro zvýšení pevnosti jsou na kulatiny nasazeny a přivařeny vzpěry. Na konstrukci je vedení

přípevněno pomocí navařených ocelových destiček, ve kterých jsou montážní otvory pro šrouby. (Obr. 49)

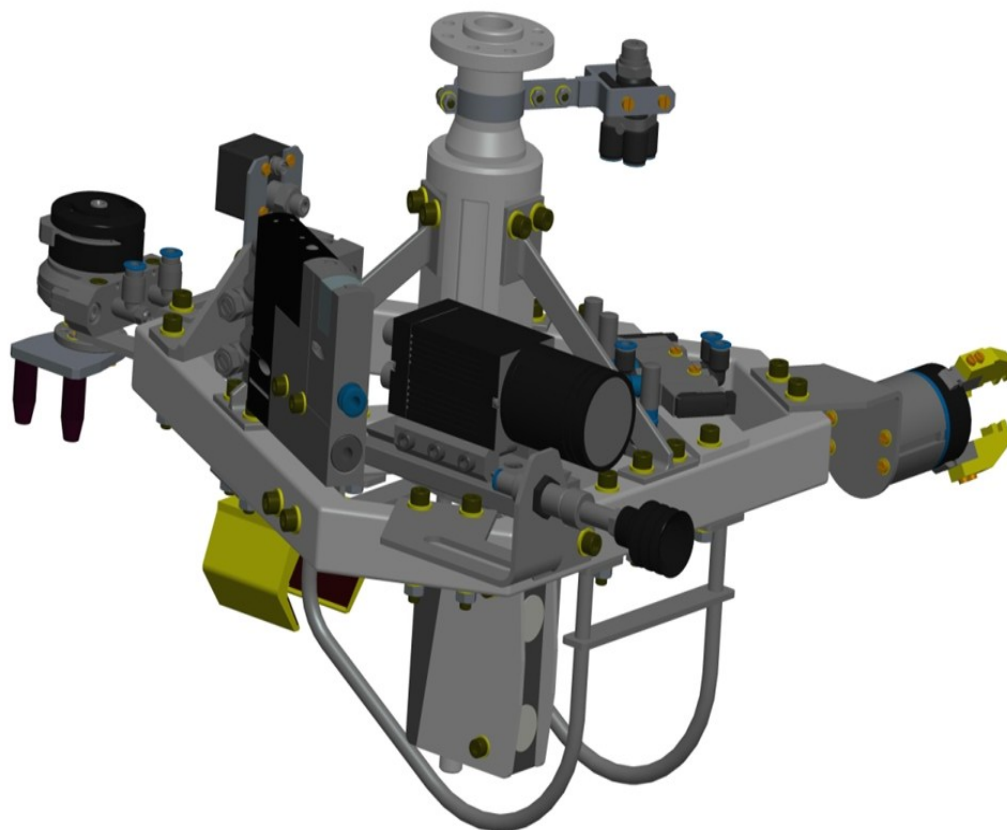


Obr. 49–Ochranné vedení

11.5 Kompletní efektor (pohledy)



Obr. 50–Pohled_1



Obr. 51–Pohled_2

11.6 Parametry efektoru

Rozměry:	490 x 550 x 335 mm
Hmotnost:	6,85 kg
Připojení pneumatiky na efektor:	G ¼
Rozvody pneumatiky na efektoru:	QS 6
Pracovní tlak:	6 bar
Provozní napětí:	24 V
Použití pro tankovací pistole:	TK 16 H2, TK 16 CNG

12 Výběr robotu

Výběr robotu probíhal podle dvou hlavních parametrů.

Parametry pro výběr:

- 1) Robot musí být vhodný pro provoz v prostředí s nebezpečím výbuchu
- 2) Nosnost robotu musí být větší než hmotnost efektoru se všemi tankovacími prvky

Celková hmotnost efektoru:

Hmotnost efektoru (s kabeláží):	7,25 kg
Hmotnost plnicí pistole:	1,75 kg
Hmotnost části tankovací hadice:	1,5 kg
Celková hmotnost:	10,5 kg

Na základě těchto dvou parametrů a zjištění umístění těžiště, ve kterém bude celková hmotnost působit, byl vybrán robot firmy KUKA KR 16 EX.

KUKA KR 16 EX

Robot je určený a certifikovaný pro použití v prostředí s nebezpečím výbuchu (prostory s výskytem plynů, prachu, par). Vhodný pro velkou škálu aplikací, např. montáž/demontáž, obsluha obráběcích strojů, svařování v ochranném plynu, balení a příprava zboží k odběru.[25]

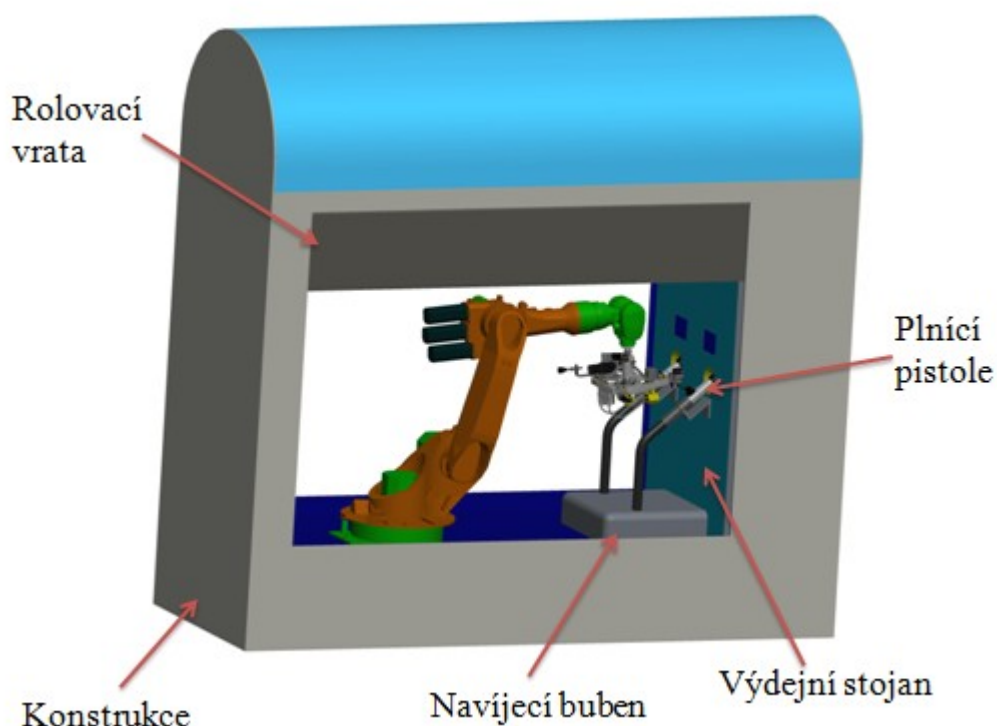
Parametry robotu:

Počet os:	6-osý
Nosnost:	16 kg
Hmotnost:	235 kg
Dosah (páté osy):	1610 mm
Opakovatelná přesnost:	0,05 mm

13 Návrh ochranného boxu robotu

Ochranný box na automatické stanici slouží k zamezení vzniku škody na robotu a všech jeho částech, taktéž chrání výdejní stojan. V prostoru boxu se počítá s umístěním potřebné elektroniky, ale zároveň zde může být umístěn i kompresor určený jako zdroj pneumatické energie pro pohon prvků na efektoru.

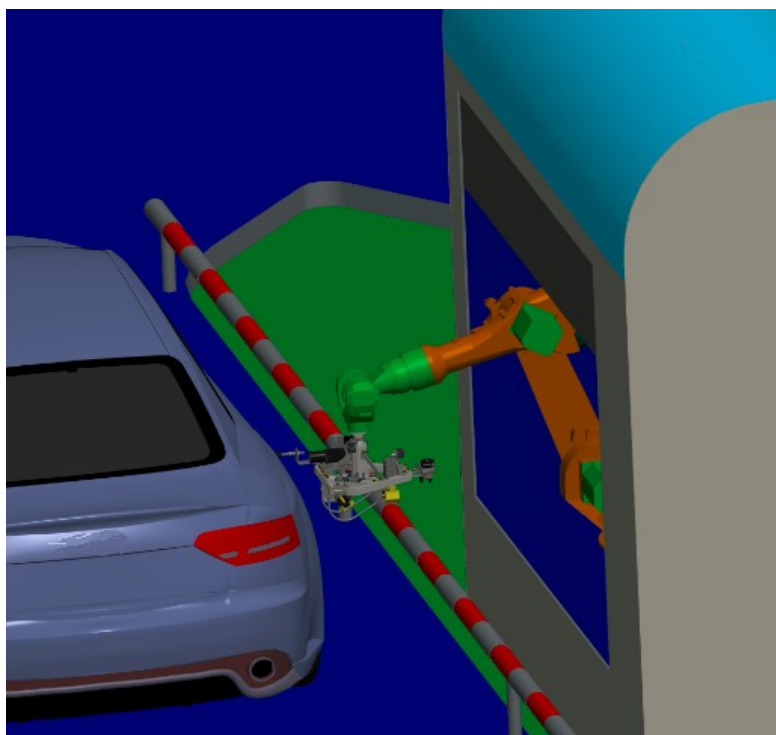
Hlavní částí boxu je konstrukce, ve které je umístěn výdejní stojan s plnicími pistolemi pro vodík a pro CNG, délka vytáhnutí tankovacích hadic je upravována automatickým bubnem. Robot je upevněn k základní desce umístěné ve spodní části boxu. Při přijetí vozidla na stanici dojde k otevření srolovacích vrat, které se nacházejí na obou stranách boxu, tyto vrata jsou automaticky řízeny, pokud vozidlo opustí linku a robot je bezpečně uvnitř boxu, dojde po určité časové prodlevě k jejich uzavření. Rozměrově je box sestaven tak, aby nedošlo ke kolizi s robotem a jeho částmi. Z hlediska bezpečnosti jsou v boxu nainstalovány čidla pro detekci plyných či vodíkových par. (Obr. 52)



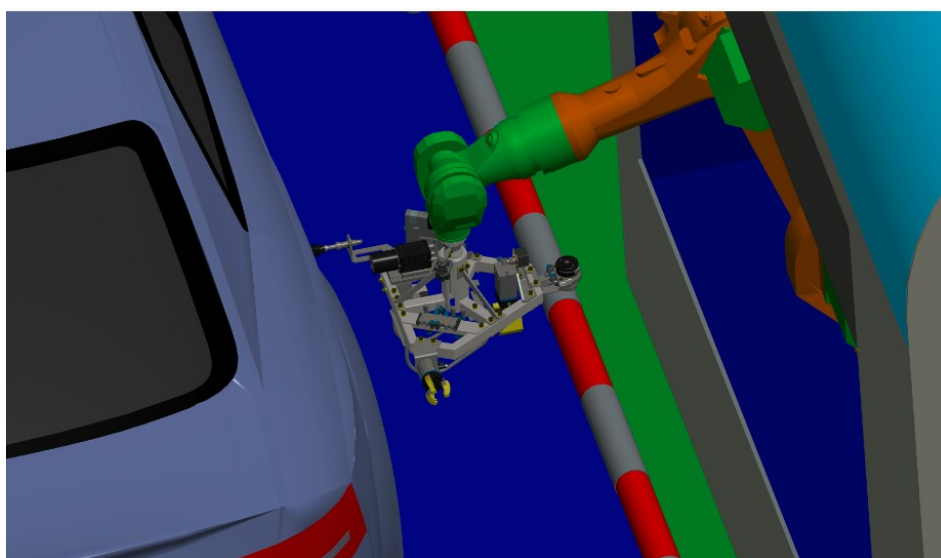
Obr. 52–Ochranný box

14 Průběh tankování

Po příjezdu automobilu k platebnímu terminálu a navolení typu a množství paliva dojde k otevření ochranného boxu, ze kterého vyjede robot. Pomocí kamery a dálkoměru zjistí umístění nádrže, před tímto úkonem už má nahrány data z databáze a tudíž ví, kde přibližně by nádrž měla být. Na základě zjištění přesné polohy dojde k najetí přísavkou na dvířka nádrže, uchycení a následnému otevření dvířek nádrže o 90°. (Obr. 53,54)



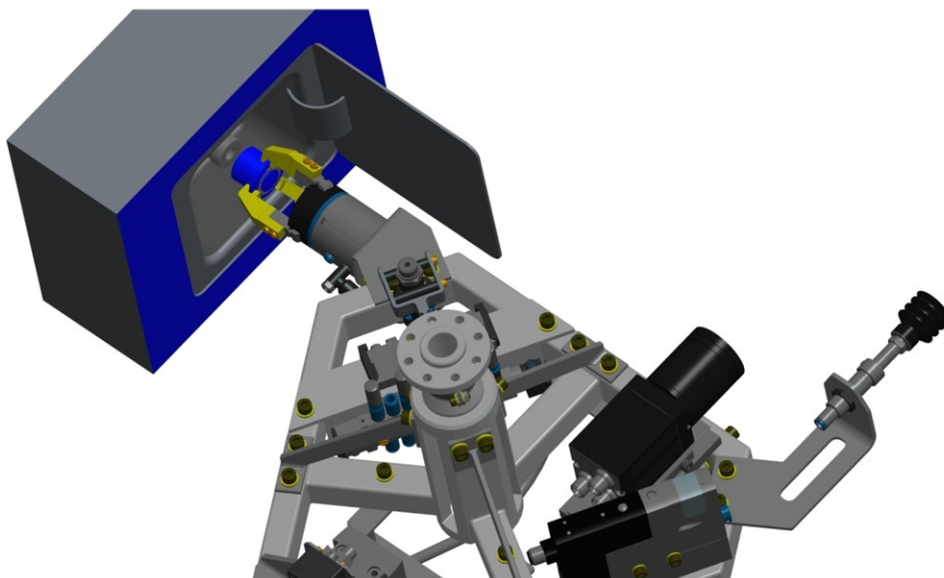
Obr. 53–Najetí robotu přísavkou



Obr. 54–Detail najetí robotu přísavkou

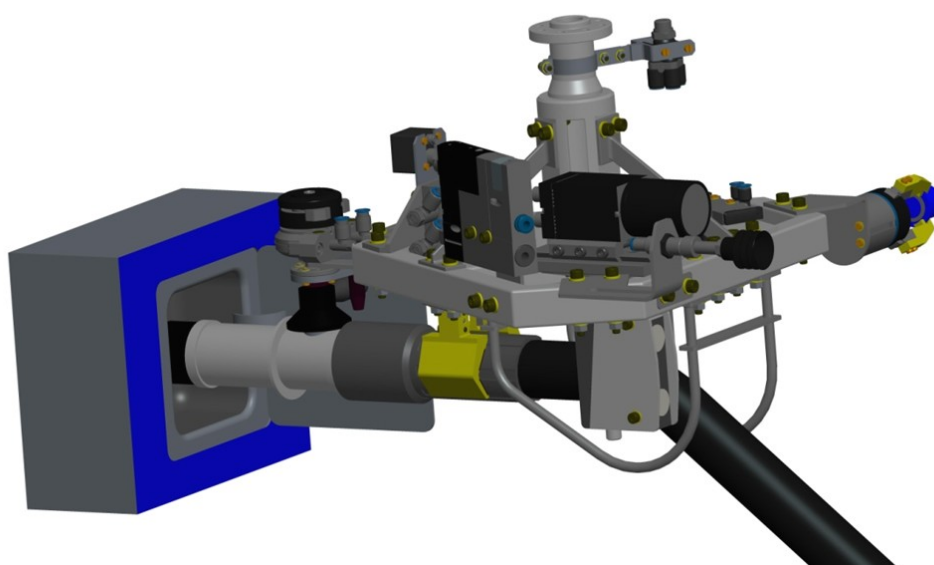
Pozn. Pro další část byl použit zjednodušený model nádrže odpovídající potřebným parametrům.

Po otevření dvířek nádrže dojde k natočení efektoru na pozici s tří-čelistovým chapadlem, najetí, uchycení a vyjmutí krytky z ventilu. (Obr. 55)

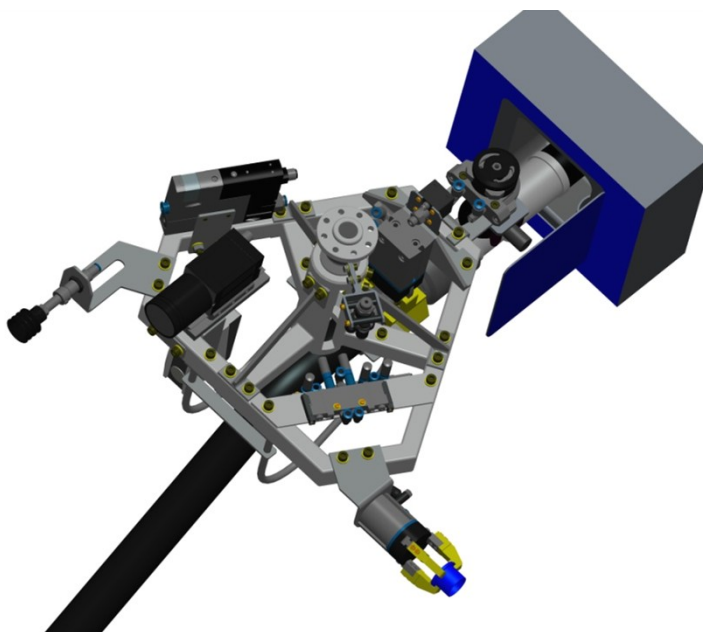


Obr. 55–Vyjmutí krytky

Při bezpečném vyjmutí krytky, robot najede k výdejnímu stojanu, uchopí tankovací pistoli, najede s ní na ventil, zaaretuje a následuje tankování. (Obr. 56,57)

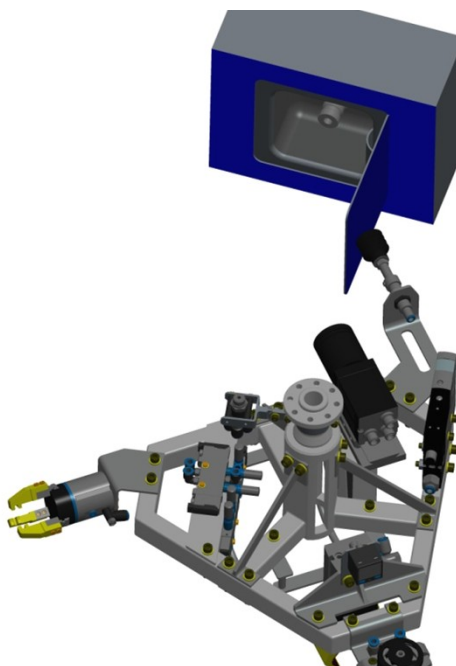


Obr. 56–Tankování



Obr. 57–Tankování_pohled 2

Po dokončení tankování robot umístí tankovací pistoli do výdejního stojanu, usadí na ventil krytku a dvířka nádrže uzavře pomocí přísavky. (Obr. 58)



Obr. 58–Uzavření nádrže

15 Možné příčiny závad

15.1 Poškození prvků cizími osobami

Na stanici platí celkový zákaz vstupu osobám. To je zajištěno bezpečnostním oplocením, kamerovým systémem a senzory pohybu. Po řidiče a všechny spolucestující platí přísný zákaz vystupování a vyklánění z vozidla. O tomto zákazu je řidič informován ihned po přijetí k platebnímu terminálu. V případě nutného vystoupení, je řidič povinen přerušit tankování z terminálu a počkat na svolení.

15.2 Výpadek tlaku

Při pohybu robotu může dojít k poškození příváděcí hadice tlakového média na efektor. Pokud nastane výpadek tlaku, nejnebezpečnějším prvkem je uhlové chapadlo, které drží tankovací pistoli. Manipulace s pistolí je rozdělena do třech úseků.

Prvním úsekem je natáčení robotu s pistolí k automobilu, druhým úsekem je držení zaaretované pistole na ventilu nádrže, třetí úsek je natáčení robotu zpět k tankovacímu stojanu. Jako rizikový je zvolen úsek 1 a 2, jelikož pistole může upadnout a poškodit vozidlo, při druhém úseku pistole nemůže díky aretaci na ventilu vypadnout. Jestliže nastane výpadek tlaku při úseku 1, když chapadlo svírá pistoli při natáčení, dojde díky tlakovému čidlu umístěnému na efektoru k vyslání signálu a uzavření elektricky řízeného ventilu přepnutím do střední polohy. Po přepnutí je držen tlak mezi chapadlem a ventilem. Nedojde tudíž k upuštění pistole, ale robot dostane signál, aby se vrátil zpět do boxu. Pokud dojde k obnovení tlaku, robot může pokračovat v tankování, při neúspěchu je třeba tento problém řešit servisní službou.

Při úseku dvě je to stejné, ovšem pokud dojde k výpadku tlaku, když má robot pistoli vyjmout z ventilu, není možné kyvným pohonem vrátit aretační páku do počáteční polohy, tudíž nedojde k vyjmutí.

Upuštění krytky ventilu tří-čelistovým chapadlem nehrozí, chapadlo je používáno jako jednočinné a k sevření čelistí využívá pružinu.

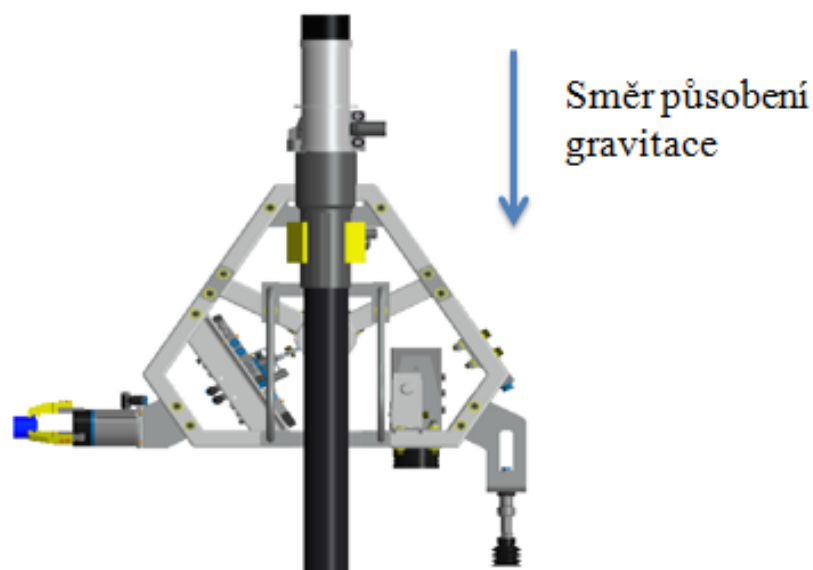
16 Technická zpráva a výpočty

16.1 Volba úhlového chapadla

Návrh chapadla proběhl pomocí konfiguračního programu na stránkách Festa. Pro jeho použití bylo třeba definovat polohu efektoru s tankovací pistolí. Výpočet upínací síly efektoru, je v mnoha ohledech problematický. Bez reálného modelu nelze stanovit odpor hadice při pohybu robotu. Proto je výpočet řešen jen teoreticky na základě zjednodušených zátěžových vstupních parametrů. Statické zatížení vychází z hmotnosti plně vyložené hadice a zvoleného koeficientu odporu hadice při manipulaci. Dále jsou ve výpočtu zohledněny dynamické účinky robotu. [22]

Definovaná poloha

Pro výpočet byla zvolena jako nejhorší poloha chapadla při úchopu tankovací pistole, vodorovná poloha, kdy je OM držen jen třecími silami a přitom robot táhne hadici do boku proti upínací síle. (Obr. 59)



Obr. 59–Definovaná poloha

Pro výpočet je třeba znát celkovou hmotnost M_c , ta se skládá z hmotnosti tankovací pistole M_p a tankovací hadice M_h . Hmotnost hadice je určena jako poloviční délka z maximální délky vytažení z navíjecího bubnu. Zohledněna je také tuhost hadice koeficientem $k_t = 1,5$

$$M_c = (M_p + M_h) \cdot k_t = (1,75 + 1) \cdot 1,5 = 4,125 \text{ kg} \quad (1)$$

Zadání hodnot do konfiguračního programu

1) Údaje o výrobku a jednom palci chapadla

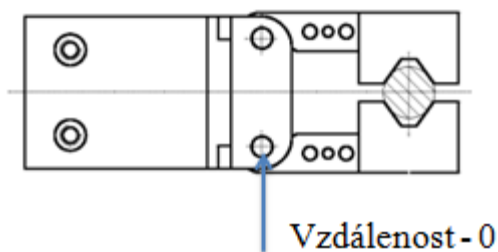
údaje o výrobku		
vzdálenost 0-čára -> těžiště:	62	mm
hmotnost výrobku:	4125	g
potřebný úhel otevření:	2	deg

údaje o jednom palci chapadla		
hmotnost jednoho palce chapadla:	75	g
vzdálenost 0-čára -> těžiště:	48	mm
vzdálenost 0-čára -> tlakový bod (bod úchopu):	62	mm
moment setrvačnosti palce:	0.01	kg cm ²

Obr. 60–Konfigurační průvodce-Strana 1

Legenda (Obr.60):

Hmotnost výrobku:	Hmotnost M_c
Potřebný úhel otevření:	úhel čelistí dohromady, při kterém je pistole sevřena
Vzdálenost 0-čára:	počítána od středu otáčení čelistí (Obr. 61)



Obr. 61–Označení vzdálenosti „0“

2) Další nastavení

údaje o pohybu	
zrychlení v:	směr y
největší přímočaré zrychlení:	0.5 m/s ²
uspořádání	
poloha chapadla:	vodorov.
směr úchopu:	svírající
úchop třením nebo tvarový:	i tvarové uzavření
úkos úchopu:	70 deg
jiné úlohy	
provozní tlak:	6 bar
koeficient tření:	0.7
koeficient bezpečnosti:	1.5
teplota zařízení:	20 °C

Obr. 62–Konfigurační průvodce-Strana 2

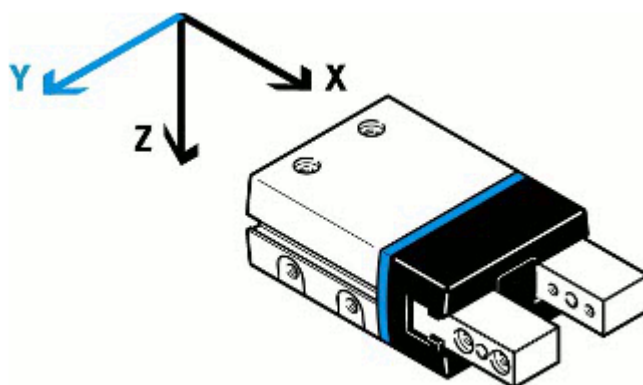
Legenda (Obr.62):

Zrychlení v:

Směr natáčení k automobilu (Obr. 63)

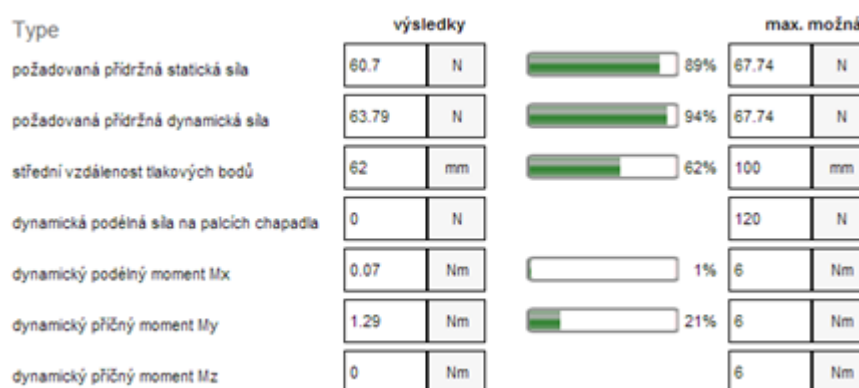
Koeficient tření:

Nastaven pomocí materiálu čelistí a rukojeti pistole



Obr. 63–Směr zrychlení

3) Výsledky pro chapadlo DHWS 32-NC



Obr. 64–Konfigurační průvodce-Strana 3

Pomocí konfiguračního průvodce bylo zjištěno, že požadovaná přídržná dynamická síla působící na obě čelisti je 63,79 N, chapadlo bude zatíženo z 94 %.

16.2 Spotřeba vzduchu

Spotřeba vzduchu proběhla taktéž na stránkách Festo a pro jednotlivé operace/komponenty je znázorněna v tab. 14. [22]

Operace	Použití komponentu	Spotřeba vzduchu (l/cyklus)
Otevření dvířek	Podtlak na přísavce	0,716
Uchycení krytky	Otevření čelistí 3-čelist'ového chap.	0,08
	Uzavření čelistí 3-čelist'ového chap.	0
Uchycení tankovací pistole	Otevření čelistí úhlového chap.	0,16
	Uzavření čelistí úhlového chap.	0,16
Aretace pistole na ventil	Kyvný pohon – otočení 0°-180°	0,3
Odaretování pistole	Kyvný pohon – otočení 180°-0°	0,3
Uvolnění pistole	Otevření čelistí úhlového chap.	0,16
Nasazení krytky	Otevření čelistí 3-čelist'ového chap.	0,08
Zavření nádrže	Přítlačení přísavkou	0
Spotřeba vzduchu (teoretická) Q_t		2

Tab. 14. – Tabulka spotřeby vzduchu

Výpočet výdrže vzdušníku [26]

Parametry:

Teoretická spotřeba vzduchu Q_t :	2 l
Účinnost pneumatického obvodu η_c :	0,7
Objem vzdušníku V_v :	0,2 m ³
Maximální tlak ve vzdušniku p_v :	1 MPa
Teplota vzdušníku t_v :	25°C = 298,15 K
Tlak obvodu p_o :	0,6 MPa
Teplota obvodu t_o :	25°C = 298,15 K
Dovolený pokles tlaku ve vzdušniku Δp :	0,35 MPa

Objem vzduchu ve vzdušniku při p_v :

$$V_{v1} = \frac{p_v \cdot V_v \cdot T_o}{p_o \cdot T_v} = \frac{(1 + 0.1) \cdot 0.2 \cdot 298.15}{(0.6 + 0.1) \cdot 298.15} = 0.314 m^3 \quad (2)$$

Stav po odběru objemu o Δp :

$$V_{v2} = \frac{(p_v - \Delta p_v) \cdot V_v \cdot T_o}{p_o \cdot T_v} = \frac{(1.1 - 0.35) \cdot 0.2 \cdot 298.15}{0.7 \cdot 298.15} = 0.214 m^3 \quad (3)$$

Stanovení odebraného objemu V_0 :

$$V_0 = V_{v1} - V_{v2} = 0.314 - 0.214 = 0.1 m^3 \quad (4)$$

Reálná spotřeba vzduchu na jeden tankovací cyklus Q_c :

$$Q_c = \frac{Q_t}{\eta_c} = \frac{2}{0.7} = 2,86 dm^3 \rightarrow 0.00286 m^3 \quad (5)$$

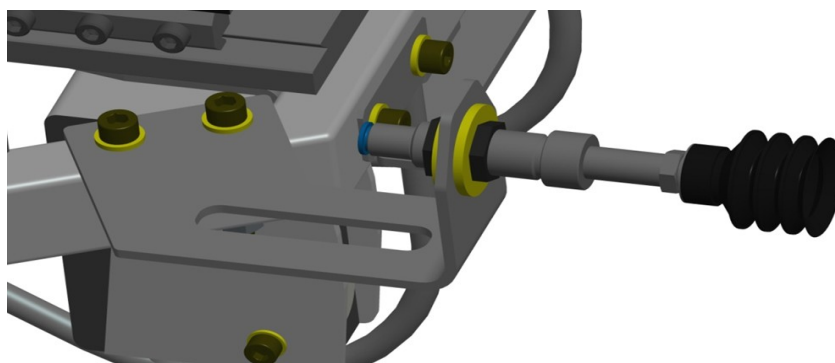
Počet pracovních cyklů na jedno naplnění vzdušníku (s ohledem na regulaci start stop) n :

$$n = \frac{V_0}{Q_c} = \frac{0.1}{0.00286} = 34 \text{ cyklů} \quad (6)$$

Na jedno naplnění vzdušníku je stanice schopna obsloužit 34 aut. Záleží ovšem na přesné účinnosti obvodu, která je závislá na délce potrubí, počtu spojů, a stupni opotřebení jednotlivých pneumatických komponentů. V práci nebylo řešeno přesné umístění kompresoru, navrženo bylo pouze jeho umístění do ochranného boxu.

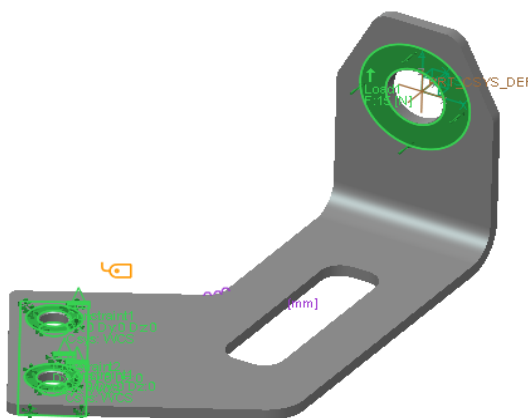
16.3 Pevnostní analýza

Pro pevnostní analýzu byl zvolen úchyt přísavky. Tento prvek je vytvořený vyřezáním a následným ohnutím plechu o tloušťce 3 mm, uchycený k rámu je šrouby M6. Přísavka je upevněna za držák v příslušném otvoru a upevněna maticemi. (Obr. 66)



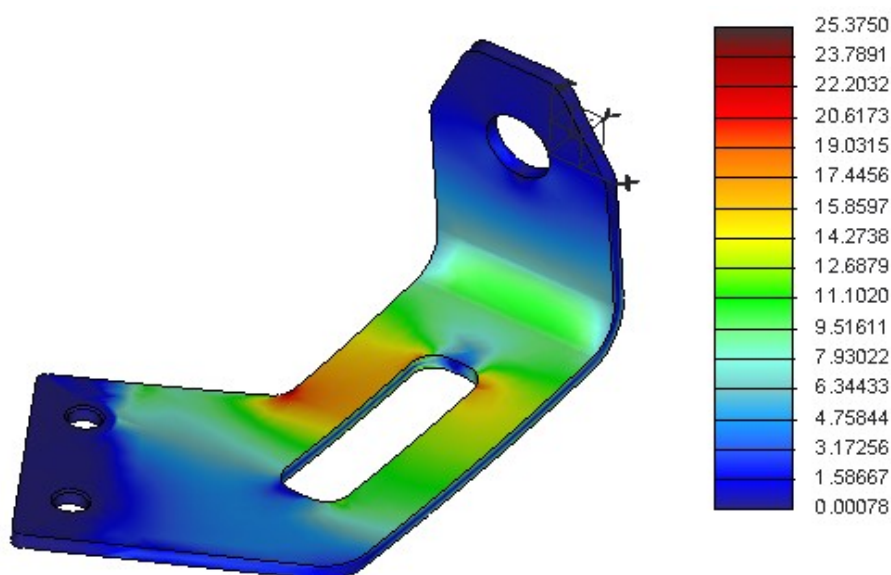
Obr. 65–Uchycení přísavky

Úchyt je namáhán na tah/tlak který vytváří přísavka při otvírání či zavírání dvířek. Jako horší bylo vyhodnoceno zatížení tahem, které je $F_a=15$ N. Při zatížení se přísavka opírá o podložku, tudíž umístění síly je pomocí plošného regionu. Zavazbení proběhlo v místě mezi stažením šrouby a nosným rámem pomocí plošných regionů vazbou displacement, ve směrech (x, y, z).(Obr. 67)



Obr. 66–Definice působících sil a vazeb

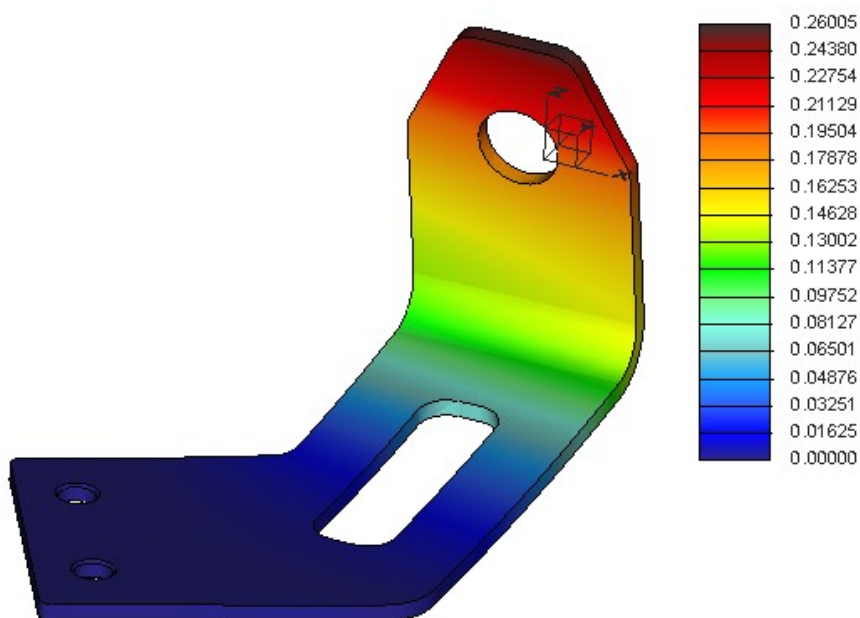
Napětí



Obr. 67–Napětí působící na úchyt

Maximální napětí bylo vypočteno na hodnotu 25,4 MPa, což vyhovuje dovolenému napětí materiálu 11 373. Největší napětí vznikalo v místě záhybu.

Deformace



Obr. 68–Deformace úchytu

Maximální deformace součástí byla vypočtena na 0,26 mm. Tato deformace je přijatelná a zvláště u přísavky zanedbatelná.

17 Cenový přehled

Vyráběné díly

Cena vyráběných dílů je řešena pouze odhadem. Vycházela z ceny/metr materiálu, výroba a povrchová úprava byla odhadnuta na základě konzultace.

Vyráběný díl	Popis ceny	Cena [kč]
Hliníkový nosný rám	Materiál	400
	Výroba	2500
	Povrchová úprava	500
Vyráběné úchyty	Materiál	600
	Výroba	2500
	Povrchová úprava	500

Tab. 15. – Cena vyráběných dílů

Zakoupené díly

Typ	Označení	Kusy [ks]	Cena za kus [kč]
Přísavka	ESG-30-CN-HC-QS	1	1 442
Vak. ejektor	OVEM-05-H-B-PO-CE-N-1N	1	9 071
3 čel. chapadlo	DHDS-32-A-NC	1	15 906
Úhlové chapadlo	DHWS-32-A-NC	1	10 823
Škrticí ventil	GRLA-1/8-QS-6-D	2	360
Kyvný pohon	DSR-16-180-P	1	5 275
Škrticí ventil	GRLA-M5-QS-6-D	4	360
Elek. ventil 3/2	VOVG-L10-M32C-AZH-Q6-U-1H2	1	1 515
Elek. ventil 5/3	VUVG-L10-P53C-T-M5-1H3L	2	2 700
Kamera	SBOC-M-R1B-H	1	142 105
Adaptační sada	SBOA-HMSV-39	1	3 806
Čidlo tlaku	SPAB-P10	1	Nezjištěno
Dálkoměr	BOD 66M-LA12-S92	1	Nezjištěno
T-rozdělovač	Legris 3108	1	Nezjištěno
Rozdělovač	Legris 3132	1	Nezjištěno
Tlumič hluku	UC-QS-6H	6	Nezjištěno

Tab. 16. – Cena zakoupených dílů

18 Závěr

Cílem práce bylo navrhnout celkovou koncepci automatické čerpací stanice na vodík a CNG což bylo doplněno jako požadavek v průběhu práce. Na začátku práce proběhlo seznámení s danou problematikou. Byly zjištěny informace o vodíku a normách, které je třeba dodržet v případě jeho použití a manipulaci s ním. Dalším hlavním bodem bylo dohledat informace o funkční automatické stanici, která je v provozu. Informace dohledány v takové rozsahu v jakém je třeba nebyly, nalezen byl pouze automatický robot určený k tankování benzínu a dieslu. Další údaje se týkaly komponentů určených k tankování vodíku a CNG.

Na základě takto shromážděných informací byl sestaven požadavkový list. Požadavky byly rozděleny na celkový návrh stanice a na robota s efektozem. Jelikož se jedná o velice rozsáhlé téma práce a nebyl přesně dán směr, kterým by se měla směřovat, je návrh celkové koncepce stanice řešen pouze okrajově.

Při návrhu koncepce stanice je nejdůležitějším bodem řešení toho, jak zajistit tankování automobilu z obou stran jedním robotem. Byly vypracovány dvě varianty řešení. První varianta řešení spočívá v umístění robota mezi tankovací pruhy. Druhá varianta řešení je umístění robota na portálový pojezd, nacházející se nad tankovacím pruhem. Optimální variantou byla zvolena první varianta.

Po vybrání varianty následovalo její rozpracování, a také řešení chodu a bezpečnosti na stanici. V další části byly navrženy dva už běžně používané systémy pro rozpoznání automobilu, díky kterým řídicí systém stanice dostane potřebné informace o vozidle.

Hlavní částí této práce bylo řešení návrhu efektoru, který zajistí tankovací úkony. Díky zjištění informací o materiálech a rozměrech dvířek nádrží, typech krytek ventilů a tankovacích pistolí, byly navrženy dvě varianty řešení. Varianty se lišily v typu uchycení krytky ventilu a typu přísavky. První používala kulatou standardní přísavku, druhá používala tří-čelist'ové chapadlo a přísavku typu 3,5 měchu, která umožní větší deformace. O uchycení a zaaretování tankovací pistole se u obou variant stará úhlové chapadlo spolu s kyvným pohonem. Jako optimální byla zvolena varianta vybavená tří-čelist'ovým chapadlem. Na základě použitých chapadel a přísavky byl navržen pneumatický obvod s požadavkem na to, aby nedošlo v případě výpadku tlaku k poškození automobilu. Následně byly vybrány další potřebné pneumatické komponenty. K řízení chapadel jsou

použity elektricky ovládané ventily, k řízení podtlaku přivedeného na přísavku je použit ejektor. Veškeré prvky jsou navrženy ve spolupráci s konfiguračními průvodci firmy Festo.

Efektor byl dále vybaven kamerou a optoelektronickým dálkoměrem pro zaměření polohy nádrže. Kamera byla taktéž jako pneumatické prvky vybrána u společnosti Festo. Ostatní elektronika, jako čidla chapadel v této práci nebyla řešena.

Práce obsahuje 3D model optimální varianty efektoru a zjednodušený model tankovací stanice, které byly vytvořeny v CAD systému Creo II. V modelu není řešena kabeláž pro pneumatiku, ovšem je s ní počítáno, veškeré prvky jsou umístěny a navrženy tak aby se daly bez obtíží napojit.

Jak už bylo zmíněno, v práci nebyla řešena elektronika, senzorické osazení chapadel, kabeláž, ať už pneumatická či elektronická a to by bylo vhodné dořešit. Taktéž je třeba efektor vhodně ochránit kryty.

19 Seznam použité literatury a zdrojů

- [1] KÁRNÍK, Ladislav. *Servisní roboty*. VŠB - Technická univerzita Ostrava: Ediční středisko VŠB – TUO, 2004. 144 s. ISBN 80-248-06-6.
- [2] KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části spojovací*. 1. Vydání. Ostrava: Editační středisko VŠB, 2009. 91 s. ISBN 978-80-248-1290-8.
- [3] KONEČNÝ, Zdeněk. *Základy technické dokumentace*. Ostrava: VŠB v Ostravě, 2004. 86s. ISBN 80-248-0514-6.
- [5] LEINVEBER, Jan; VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. 1. Vydání. Praha: ALBRA, 2003. 865 s. ISBN 80-86490-74-2.
- [6] SKAŘUPA, Jiří; *Průmyslové roboty a manipulátory*. 1. Vydání. Ostrava: Editační středisko VŠB, 2007. 229 s. ISBN 978-80-248-1522-0.
- [7] TALÁCKO, Jaroslav; MATIČKA, Robert. *Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů*. 1. Vydání. Praha 6: Editační středisko ČVUT, 1995. 237s. ISBN 80-01-01291-3

Internetové zdroje

- [8] *Vodík* [online]. 2012 [cit. 2012-10-03]. Dostupný z WWW: <http://www.airproducts.cz/hydrogen/vodik/vodik.htm>
- [9] *Využití vodíku* [online]. 2013 [cit. 2013-05-08]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Vod%C3%ADk>
- [10] *O vodíku* [online]. 2008 [cit. 2012-10-04]. Dostupný z WWW: <http://www.h2bus.cz/technologie>
- [11] *Skladování vodíku* [online]. 2008 [cit. 2012-10-04]. Dostupný z WWW: <http://www.trihybus.cz/skladovani-vodik>
- [12] *Výroba paliva budoucnosti* [online]. 2008 [cit. 2012-10-06]. Dostupný z WWW: http://technet.idnes.cz/jak-se-vyrabi-palivo-budoucnosti-vodik-pro-auta-i-elektroniku-p6d-/tec_tecnika.aspx?c=A080127_234744_tec_tecnika_vse
- [13] *TankPitstop robot* [online]. 2010 [cit. 2012-10-16]. Dostupný z WWW: <http://walyou.com/tankpitstop-robot-car-refueling/>
- [14] *Tankovací příslušenství* [online]. 2012 [cit. 2012-10-25]. Dostupný z WWW: <http://www.weh.com/>

- [15] *Rozpoznání SPZ Entry-Con* [online]. 2012 [cit. 2012-11-10]. Dostupné z WWW: <http://www.consymea.cz/cz/produkty/kamerove-systemy/Rozpoznavani-RZ/EntryCon/>
- [16] *Rozpoznání SPZ EFG* [online]. 2012 [cit. 2012-11-15]. Dostupné z WWW: <http://www.efg.cz/Aplikace-Doprava-Rozpoznavani-SPZ>
- [17] *RFID systémy* [online]. 2009 [cit. 2012-11-15]. Dostupný z WWW: <http://www.tretiruka.cz/news/automaticke-identifikacni-systemy-v-odpadovem-hospodarstvi/>
- [18] *RFID princip* [online]. 2013 [cit. 2013-04-18]. Dostupný z WWW: <http://www.autorentalnews.com/article/print/story/2010/05/tracking-your-vehicles-with-rfid.aspx>
- [19] *Vozidla s palivovými články* [online]. 2012 [cit. 2013-02-16]. Dostupný z WWW: <http://ev.sae.org/article/11518>
- [20] *Tankovací ventily* [online]. 2013 [cit. 2013-02-25]. Dostupný z WWW: <http://alternativefuels.about.com/od/vehiclereviews/ig/Chevy-Equinox-Fuel-Cell-SUV/Equinox-FCEV-fueling-port.htm>
- [21] *Snímače Balluff* [online]. 2013 [cit. 2013-05-01]. Dostupný z WWW: <http://www.balluff.com/balluff/MCZ/cs/home.jsp>
- [22] *Pneumatická zařízení Festo* [online]. 2013 [cit. 2013-03-20]. Dostupný z WWW: http://www.festo.com/cms/cs_cz/index.htm
- [23] *Pneumatické prvky* [online]. 2013 [cit. 2013-04-07]. Dostupný z WWW: http://www.legris.com/Legris_ecom/Accueil.do
- [24] *Bosch Rexroth* [online]. 2013 [cit. 2013-04-20]. Dostupný z WWW: <http://www.boschrexroth.com/en/xc/>
- [25] *Kuka průmyslové roboty* [online]. 2013 [cit. 2012-12-13]. Dostupný z WWW: http://www.legris.com/Legris_ecom/Accueil.do
- [26] KOPÁČEK, Jaroslav a Miloslav ŽÁČEK. *Pneumatická zařízení strojů: učební opory* [online]. Ostrava, 2007 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z WWW: [z:http://www.338.vsb.cz/PDF/pneumaticka-zarizeni-stroju.pdf](http://www.338.vsb.cz/PDF/pneumaticka-zarizeni-stroju.pdf). Skripta. VŠB-TUO.

20 Přílohy

Příloha 1

Katalogový list – Úhlové chapadlo DHWS 32 NC

Příloha 2

Katalogový list – Kyvný pohon DSR 16 FW

Příloha 3

Katalogový list – Tří čelist'ové chapadlo DHDS 32 NC

Příloha 4

Katalogový list – Přísavka ESG-30-CN-HC-QS

Příloha 5

Výkresová dokumentace

- Dispoziční výkres stanice POS352-DI
- Sestavný výkres efektoru POS352-DI-01
- Výrobní výkres POS352-DI-01-03
- Kusovník POS352-DI-K

Příloha 6

CD – „Diplomové práce”

Obsah CD:

Výkresová dokumentace v AutoCADu (*.dwg)

Diplomová práce (*.pdf)

3D model optimální varianty v CAD systému Creo II

Katalogové listy